

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	安全性および競技性からみた柔道場床のかたさの測定方法・指標に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	白権赫
Author(English)	Kwonhyuk Baik
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12071号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三上 貴正,大佛 俊泰,鍵 直樹,横山 裕,坂田 弘安
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12071号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

安全性および競技性からみた柔道場床の かたさの測定方法・指標に関する研究

2019 年度

東京工業大学 情報理工学研究科
情報環境学専攻 三上研究室

白 権赫

安全性および競技性からみた柔道場床の かたさの測定方法・指標に関する研究

目 次

第1章 序論

1.1 研究の背景	2
1.2 研究の目的と範囲	4
1.3 既往の研究	5
1.4 研究の方法	6

第2章 安全性および競技性からみた柔道場床のかたさの試行的評価

2.1 目的と方法	9
2.2 検査の概要	10
(1) 検査項目の設定および検査手法の選定	10
(2) 検査員の選定	10
(3) 試験体および検査場の設定	10
2.3 検査の経過・結果	15
(1) 検査の経過	15
(2) 検査結果および有意性の検定	15
(3) 心理学的尺度の構成	15
2.4 尺度の相互関係の考察	21
(1) 安全性の尺度に関する考察	21
(2) 競技性の尺度に関する考察	21
(3) 安全性と競技性の関係の考察	21
2.5 結論	22

第3章 既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の

妥当性に関する基礎的考察

3.1 目的と方法	24
3.2 既往の柔道場床のかたさ試験方法による試験体の測定	25

3. 2. 1 代表的な試験方法の選定	25
(1) 試験項目・方法・条件の選定	25
(2) 試験方法および緩衝性に関する指標の概要	25
3. 2. 2 既往の緩衝性試験方法による試験体の測定	33
3. 3 既往のかたさ試験方法から得られる指標間の関係の考察	38
(1) 変形エネルギー U_d とその他の指標の関係	38
(2) 最大加速度 G_s とその他の指標の関係	38
(3) 最大減速度 <i>Peak dec.</i> 間の関係およびその他の指標との関係	38
(4) 最大変形 <i>Def.</i> 間の関係およびその他の指標との関係	39
(5) 運動エネルギー比 <i>Res.</i> 間の関係および局部変形性の指標との関係	39
3. 4 かたさに関する評価尺度と既往の指標の関係の考察	40
3. 4. 1 安全性尺度と AJJF 試験による指標の関係に関する考察	62
(1) 安全性尺度と U_d の関係	62
(2) 安全性尺度と G_s の関係	62
3. 4. 2 安全性尺度と IJF 試験による指標の関係に関する考察	62
(1) 安全性尺度と <i>Peak dec.</i> の関係	62
(2) 安全性尺度と <i>Def.</i> の関係	63
(3) 安全性尺度と <i>Res.</i> の関係	63
(4) 安全性尺度と <i>D. o. D.</i> の関係	63
3. 4. 3 競技性尺度と AJJF 試験による指標の関係に関する考察	64
(1) 競技性尺度と U_d の関係	64
(2) 競技性尺度と G_s の関係	64
3. 4. 4 競技性尺度と IJF 試験による指標の関係に関する考察	64
(1) 競技性尺度と <i>Peak dec.</i> の関係	64
(2) 競技性尺度と <i>Def.</i> の関係	64
(3) 競技性尺度と <i>Res.</i> の関係	65
(4) 競技性尺度と <i>D. o. D.</i> の関係	65
3. 5 既往の試験方法・指標によるかたさ評価の妥当性に関する基礎的考察	66
(1) 受身安全性に関する考察	66
(2) 総合安全性に関する考察	66
(3) 総合競技性に関する考察	66
3. 6 結論	69
(1) 既往のかたさ指標間の関係について	69
(2) かたさ評価尺度と既往の指標の関係について	69

第4章 安全性および競技性からみた柔道場床のかたさ評価尺度の構成	
4.1 目的と方法	71
4.2 検査の概要	72
(1) 検査項目の設定および検査手法の選定	72
(2) 検査員の選定	72
(3) 試験体および検査場の設定	72
4.3 検査の経過・結果	75
(1) 検査の経過	75
(2) 検査結果および有意性の検定	75
(3) 心理学的尺度の構成	75
4.4 尺度の相互関係の考察	92
(1) 男子の尺度に関する考察	92
(2) 女子の尺度に関する考察	92
(3) 男女の尺度に関する考察	92
(4) 第2章と第4章の男子の尺度に関する考察	93
4.5 結論	94
第5章 既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の妥当性に関する考察	
5.1 目的と方法	96
5.2 かたさに関する評価尺度と既往の指標の関係の考察	97
5.2.1 かたさ評価尺度と AJJF 試験による指標の関係に関する考察	99
(1) 尺度と U_0 の関係	99
(2) 尺度と G_S の関係	99
5.2.2 かたさ評価尺度と IJF 試験による指標の関係に関する考察	102
(1) 尺度と $Def.$ の関係	102
(2) 尺度と $D. o. D.$ の関係	102
5.3 既往の試験方法・指標によるかたさ評価の妥当性に関する考察	108
(1) 受身安全性に関する考察	108
(2) 総合安全性に関する考察	108
(3) 総合競技性に関する考察	108
5.4 結論	112
第6章 柔道場床のかたさ試験方法・指標に関する提案	
6.1 目的と方法	114

6.2 かたさに関する評価尺度と指標の関係の再検討	115
6.2.1 尺度と最大変形および変形エネルギーの関係の考察	115
(1) 受身安全性(S-1)と最大変形 $Def.$ の関係の考察	116
(2) 受身安全性(S-1)と複合指標 $Def. * \Delta t$ の関係の考察	117
(3) 受身安全性(S-1)と変形エネルギー E の関係の考察	117
(4) 総合競技性(P-3)と最大変形 $Def.$ の関係の考察	118
(5) 総合競技性(P-3)と複合指標 $Def. * \Delta t$ の関係の考察	118
(6) 総合競技性(P-3)と変形エネルギー E の関係の考察	118
6.2.2 変形エネルギーを参考とした新たな指標の検討	123
(1) 受身安全性(S-1)と $E_{.D}$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察	124
(2) 総合競技性(P-3)と $E_{.D}$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察	124
6.2.3 尺度と $E_{.D}$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察	127
(1) 受身安全性(S-1)と $E_{.D}$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察	127
(2) 総合競技性(P-3)と $E_{.D}$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察	127
6.3 柔道場床のかたさ試験方法・指標に関する提案	135
(1) 受身安全性(S-1)に関するかたさ指標について	136
(2) その他の安全性(S-2, S-3, S-4)に関するかたさ指標について	137
(3) 競技性(P-1, P-2, P-3)に関するかたさ指標について	137
6.4 結論	145

第7章 結論

参考文献

第 1 章 序 論

1.1 研究の背景

明治期に創始された近代柔道は、現在、世界で約 350 万人の競技人口を抱える国際的な競技に成長した。1964 年東京大会に採用されて以来、オリンピックでも主要な競技のひとつとなっている¹⁾。

柔道は、その競技の特性上、競技者は日常的に高い頻度で床を強く踏むことが多く、また床に身体を強く接触させたり、打ちつけられたりするなど、強い衝撃を受ける動作が多い。そのため、多くのスポーツ施設床のなかでも、柔道場床のかたさに関する安全性はとりわけ重要度が高い。

国内の創始期においては、柔道場の床の多くは、木造下地組床の上に通常の畳を並べた、従前の伝統的な畳敷きの居住床に近いものであった²⁾。その後、開発された専用床では、床に緩衝性を保持させるため、講道館の床に代表されるように、下地床に金属製コイルスプリングを利用する床も増えた^{3), 4)}。畳についても、1960 年ころより、畳表がビニル製で、かつ緩衝性に留意した専用畳が市場に投入されるようになった³⁾。

その後、国内では、柔道の練習や試合は、専用の柔道場だけでなく、柔道畳を敷き並べた体育館などの床でもおこなわれる機会が増えた。

海外では、普及期においては、柔道はレスリングなど他種目用のマット類を敷設した床で多くおこなわれた。その後、1980 年ころより、衝撃緩衝性に配慮した現行品に近い製品が使用されるようになった¹⁾。

海外の柔道の練習場や大会会場では、かための一般的な床の上に、比較的やわらかめのマット状の柔道畳を敷き並べることが多いことが特徴的である。

また、最近の国際大会では、大会期間中に限り組み立てられる、周囲の床面より一段高い仮設床の上に柔道畳を敷き並べて会場とすることも少なくない¹⁾。

以上に概観したように、柔道競技の普及と国際化に伴い、柔道場の床・畳の材料・構成・設置方法は次第に多様化し、現在に至っている。

柔道場の床・畳のあり方に関する考え方も国内外で様ではなく、日ごろからの慣れも含め、柔道場の床・畳のかたさに対する国内外の競技者の使用感も様々であり、ときに競技者が困惑する床・畳があることも指摘されている⁵⁾。

このような状況の中、国内においては柔道場床の緩衝効果や安全性に関する研究が 1980 年ころから始まり^{6), 7)}、現在、その成果の一部は JIS⁸⁾、日本建築学会「床性能評価指針」⁹⁾、全日本柔道連盟 (AJJF)「公認畳規程」¹⁰⁾に取り入れられている。

海外に目をむけると、柔道競技の盛んな欧州では 2000 年ころから各国の公的規格や欧州規格 (EN) に柔道畳等の試験方法や規格値が規定された^{11)~17)}。これらを基に、現在、国際

柔道連盟（IJF）でも公認柔道畳の試験方法や規格値が規定されており¹⁸⁾、オリンピックをはじめとする主要な国際大会では IJF の公認畳の使用が義務づけられている。しかし、EN や IJF 規格に規定される試験方法や規格値については、それらの開発・策定の経緯などを示した文書類は見当たらず、そのため、それらの妥当性を適正に判断しがたい現状にある。

また、柔道場床・畳のかたさの試験方法や規格値に関しては、国内規格と国外・国際規格の対応性に関する検証もこれまでなされておらず、競技者の安全性と競技の公平性の確保の観点から、検証は喫緊の課題となっている。

1.2 研究の目的と範囲

前節 1.1 で述べた背景に鑑み、本研究では、競技者の安全性の観点から、EN・IJF 規格に規定される柔道畳のかたさに関する試験方法・指標の妥当性、ならびに、国内規格と EN・IJF 規格の対応性を、実験的に検証することを目的とした。

また、本研究では、練習や試合における柔道競技のしやすさを「競技性」と定義し、競技性の観点からも、上記の項目を検証することとした。

なお、本研究では柔道場床のかたさのみを対象とし、柔道場床の振動ならびに柔道畳のすべり・摩擦時のやけどは、研究の範囲外とした。

また、柔道場床・畳の具体的な改善・開発ならびに、実在の柔道場床・畳の個別の評価も研究の範囲外とした。

1.3 既往の研究

国内では、床の性能およびその評価方法に関する研究が比較的盛んであり、本研究で参考とすべき運動施設床の性能評価方法に関する研究も多い^{19)~25)}。

柔道場床に関しては、床の緩衝効果・振動減衰性・すべりに関し、いくつかの研究がおこなわれてきた^{6), 7), 26)~30)}。

これらのうち、緩衝効果と振動減衰性に関する研究^{6), 7), 26)}は、1.1 で述べたように、わが国固有の柔道場床の構成、特に下地床の構成・特性に深く関連する研究である。これらの研究で開発された試験方法は、下地床の緩衝効果と振動減衰性を的確に測定・把握できるものと考えられる。一方、海外では柔道場床に対する考え方と実情が異なるためか、このような試験方法は存在しない。

海外においては、柔道畳に関しては、かつてのフランス規格を基とする EN¹³⁾~17)や IJF 規格¹⁸⁾が規定されている。しかしながら、筆者の知る範囲では、これらの規格の根拠に相当するような研究例は見当たらない。また、海外では、国内の試験方法のように、下地床の存在やその評価を念頭においた試験方法も存在しない。

1.4 研究の方法

本研究では、競技者の安全性・競技性の観点から、EN・IJF規格に規定される柔道畳のかたさに関する試験方法・指標の妥当性、ならびに、国内規格とEN・IJF規格の対応性を検証することを目的とし、以下の方法・手順により研究を進めた。

なお、前節1.3までに述べたように、AJJF、EN、IJFの各規格は柔道畳を対象として規定されたものであるが、すべての畳は何らかの下地床の上に敷かれることと、本来、かたさは畳だけでなく下地床を含めた床全体として把握すべきであることから、本研究では柔道畳のかたさに関するすべての試験方法・指標を「柔道場床のかたさの試験方法・指標」に包含して扱い、かつ、表記することとした。

- (1) 規模の小さい第一次検査をおこない、安全性および競技性の観点から柔道場床のかたさの良否に関する競技者の心理学的評価を試行的に求める。(第2章)
- (2) 前項(1)で求めたかたさの評価結果と、既往の柔道場床・畳のかたさ試験方法による測定結果の対応性から、試験方法・指標の妥当性を考察する。(第3章)
- (3) 内容を改善・拡張した第二次検査をおこない、安全性および競技性からみた柔道場床のかたさ評価尺度を構成する。(第4章)
- (4) (3)で構成したかたさ評価尺度と既往の試験方法による測定結果の対応性を考察し、試験方法・指標の妥当性に関する考察をさらに進める。(第5章)
- (5) (4)の結果を受けて、安全性および競技性の観点からかたさの試験方法・指標を再検討し、より妥当な方法・指標を提案する。(第6章)

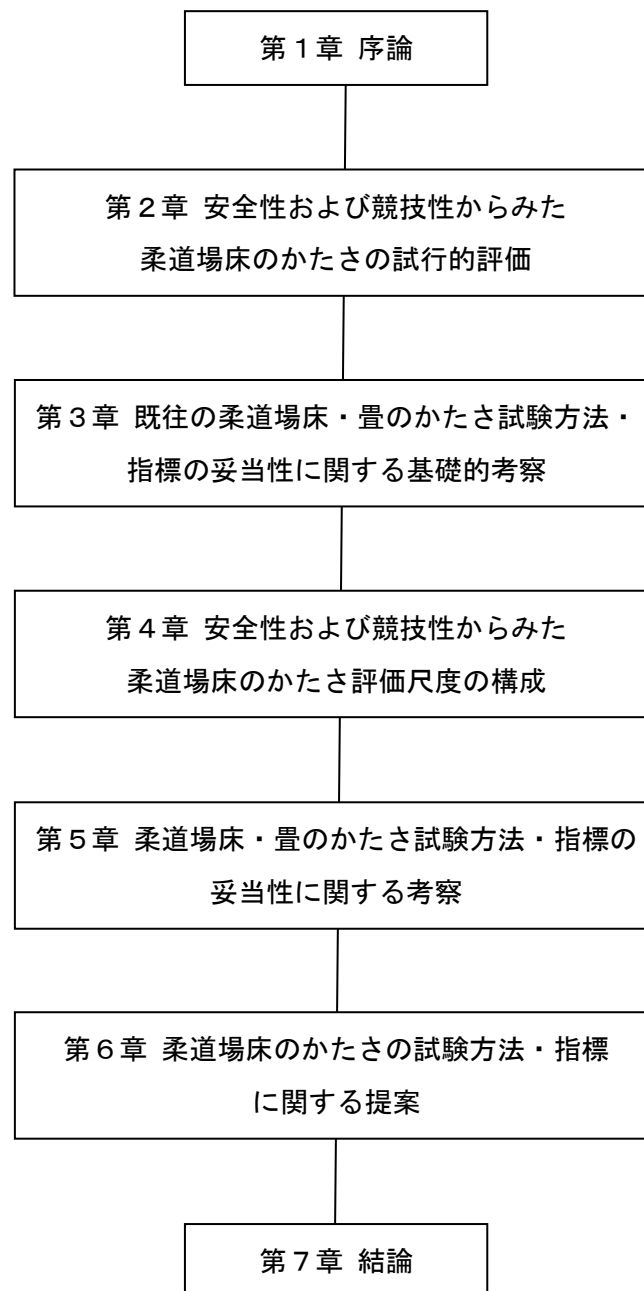


Fig. 1.1 Flowchart of research method and process

第2章
安全性および競技性からみた
柔道場床のかたさの試行的評価

2.1 目的と方法

本章では、かたさの範囲が広く、その性状や材料・構成も多様な柔道場床の試験体を対象として、競技者の安全性および競技性の観点から床のかたさの心理学的評価を試行的に求めることを目的とした。

本研究を含め、床の性能評価に関わる研究において、施設利用者の安全性や快適性を数量的に把握・表現することは極めて重要である。しかし、身体へ作用する各種の負担やそれらに対する身体反応を客観的に把握し数値化する手法に関しては、医学、生理学あるいはバイオメカニクス分野でも非常に成果が限られており、万人が利用できるような効果的かつ普及した手法はいまだに存在しない。

一方、建築材料・構法分野では、これまでの研究例において、利用者の反応や評価を心理学的手法により定量化することに関し、一定の成功を収めてきた^{19)~43)}。

そこで本研究においても、柔道場床のかたさに関する安全性および競技性の定量化・尺度化に際して、心理学的手法の一手法である官能検査手法を適用することとした。

なお、柔道場床のかたさ（緩衝効果）に関しては、実在の柔道場を対象としたアンケート調査の実施例^{6),7)}はあるものの、官能検査の実施例は見当たらない。

本研究における官能検査は、検査場および検査員の異なる2種類を計画・実施した。

本章における試行的な第1次検査では、検査の立案・準備・変更・実施等を効率的にこなうため、筆者の属する大学構内の比較的小規模の実験室を検査場とした。検査員は、柔道競技において都内の中堅大学とみなせる大学の男子柔道部員とした。

なお、以降の第4章に述べる第2次検査では、本章の第1次検査の結果を踏まえ、より広い検査場を関東の強豪大学の構内に設けた。検査員も同大学の男女柔道部員とした。

2.2 検査の概要

(1) 検査項目の設定および検査手法の選定

検査の概要を Table 2.1 に示す。

検査項目として、Table 2.1 に示す計 7 項目を選定した。項目の内訳は、安全性に関する 4 項目 (S-1～S-4)、競技性に関する 3 項目 (P-1～P-3) である。柔道競技において、重度の傷害は受身時に多く発生すると想定されることから柔道場床の安全性を考える場合、受身時の安全性からみたかたさ (S-1) はもっとも重要な性能項目といえる。一方、立技時や寝技時において上下肢の関節部や顔等に発生する傷害は日常的により高頻度に発生しうることから、立技時の安全性 (S-2) と寝技時の安全性 (S-3)、さらには総合的な安全性 (S-4) も検討すべきと考えた。また、床がやわらかすぎる場合は競技性が損なわれることも明白なことから、立技時、寝技時および総合的な競技性 (P-1～P-3) も検討することとした。検査項目の選定においては、大学柔道部員に対するヒアリングを実施し、柔道に関する各種動作時の安全性・競技性に関わる検査項目の候補を種々リストアップした後、項目の重要性あるいは項目間の類似性を考慮し、Table 2.1 に示す計 7 項目に絞り込んだ。

検査手法は、試験体床の安全性・競技性の良否の程度を検査員の絶対判断により求める「系列範ちゅう法」とした。検査時の判断範ちゅうを検査項目別に Table 2.1 に示す。

(2) 検査員の選定

検査員は、Table 2.2 に示す、早稲田大学柔道部の男子部員 10 名 (WM01～10) とした。Table 2.2 に、検査員の身長・体重・段位を示す。

(3) 試験体および検査場の設定

検査に用いる柔道場床の試験体を設定するため、その構成要素として、Table 2.3 に示す 16 種類の畳試料 (J01～J16) と、3 種類の下地床試料 (S01～S03) を製作した。また、これらを組合わせて、床の試験体として Table 2.4 に示す計 20 体 (N01～N20) を設定した。

畳試料の製作にあたっては、畳の表層・中層・下層に関し、それぞれの緩衝性・反発性が多様となるように努めた。下地床試料の製作にあたっては、緩衝性・反発性の水準を 3 段階設けた。畳試料の中で、J05, J07 の 2 試料は国内製品に多い複層型の製品から、また、J06, J12, J13 の 3 試料は海外製品に多い単層型の製品から選択したものである。ただし、畳試料としての厚さをそろえるため、畳試料の基部にはスペーサとして硬質発泡パネルを必要数、積層した。

本研究では、試験体の設置・交換のしやすさを考量し、また外観の相違が評価に及ぼす影響を排除するため、畳試料の厚さは 90mm、下地床試料の厚さは 140mm にそれぞれ統一した。また、外観に加え、素足接触時のすべりや温冷感を同等とするため、畳試料の表面材（畳表）はすべて同一材料で統一した。

畳試料および下地床の寸法・形状は、検査場を設けた実験室の面積の制約上、一辺が約 450mm の正方形とした。検査場は、Fig. 2.1 に示したように柔道畳 3 畳分の広さとし、その中央に最大 8 体の試験体を敷設できるようにした。検査員の動作のしやすさを考慮し、試験体の敷設場所の周囲には補助床を巡らせた。検査場は東京工業大学構内の実験室内に設けた。

Table 2.1 Summary of sensory tests (pre-test)

	Evaluation items on Safety		Evaluation items on Playability	
Test items (composed scales)	(S-1) Safety in <i>Ukemi</i>		(P-1) Playability in <i>Tachi-waza</i>	
	(S-2) Safety in <i>Tachi-waza</i>		(P-2) Playability in <i>Ne-waza</i>	
	(S-3) Safety in <i>Ne-waza</i>		(P-3) Overall Playability	
	(S-4) Overall Safety			
Test method	The method of successive categories (seven categories, absolute judgment)			
Questions and answer categories	(S-1) How is the Safety in <i>Ukemi</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe	(S-2) How is the Safety in <i>Tachi-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe	(S-3) How is the Safety in <i>Ne-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe	(S-4) How is the Overall Safety of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe
	(P-1) How is the Playability in <i>Tachi-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very unplayable 2. Unplayable 3. Slightly unplayable 4. Neutral 5. Slightly playable 6. Playable 7. Very playable	(P-2) How is the Playability in <i>Ne-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very unplayable 2. Unplayable 3. Slightly unplayable 4. Neutral 5. Slightly playable 6. Playable 7. Very playable	(P-3) How is the Overall Playability of this floor sample regarding hardness? 1. Very unplayable 2. Unplayable 3. Slightly unplayable 4. Neutral 5. Slightly playable 6. Playable 7. Very playable	
Athletes' motion during tests	Free motion assuming the situation of each test item			
Panel member	10 male athletes of Waseda University Judo Club			
Test area	Area of 3 tatami mats (1 x 3 mats)			
Floor samples	W450 x L450 x H230 mm, 20 samples (N01~N20) = Tatami (H90 mm) : 16 types (J01~J16) + Subfloor (H140 mm) : 3 types (S01~S03)			
Test site & period	Tokyo Institute of Technology campus, January 2017			

Table 2.2 List of panel members

No.	Height (cm)	Weight (kg)	Rank (<i>Dan</i>)
WM01	170	60	2
WM02	158	60	2
WM03	173	73	2
WM04	165	73	2
WM05	170	82	3
WM06	177	82	2
WM07	174	82	3
WM08	171	90	2
WM09	178	90	2
WM10	172	90	3

Table 2.3 Summary of tatami and subfloor samples

Tatami samples					
No.	Section view	Structure	No.	Section view	Structure
J01		Foam + plywood + foam springs + plywood	J09		Foam + foam + tatami board + plywood + foam + corriboard
J02		Foam + foam + hard foam base	J10		Foam + foam + tatami board + corriboard + foam + corriboard
J03		Foam + plywood + foam + foam + foam + plywood	J11		Foam + foam + tatami board + plywood + foam + foam + hard base
J04		Felt + plywood + hard foam base + corriboard	J12		Chipped foam slab + hard foam base
J05		Felt + foam + tatami board + plywood + foam + hard foam base	J13		Foam + hard foam base + corriboard
J06		Foam + hard foam base	J14		Corriboard + foam + hard foam base
J07		Foam + tatami board + foam + plywood + foam + plywood + foam	J15		Foam + plywood + foam + tatami board + hard foam base
J08		Foam + hard foam base	J16		Foam + foam + foam + foam
Subfloor samples					
S01		Hard foam base	S03		Plywood + foam springs + plywood
S02		Plywood + foam springs + plywood + hard foam base			

Table 2.4 Combination list of Judo floor samples

		Subfloor samples		
		S01	S02	S03
Tatami samples	J01	N01		
	J02			N16
	J03	N02		
	J04	N03		
	J05		N11	
	J06	N04		N17
	J07		N12	N18
	J08	N05		N19
	J09		N13	N20
	J10		N14	
	J11	N06		
	J12	N07		
	J13		N15	
	J14	N08		
	J15	N09		
	J16	N10		

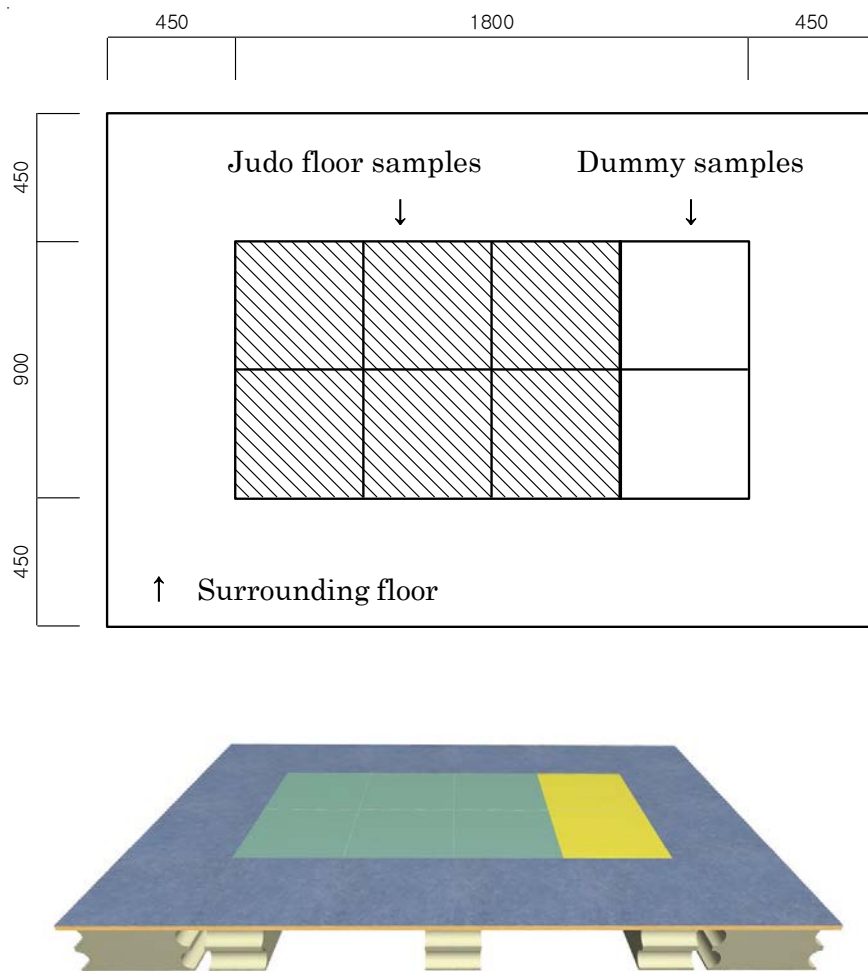


Fig. 2.1 Set-up of test area and placement of Judo floor samples

2.3 検査の経過・結果

(1) 検査の経過

検査の実施状況を Photo 2.1 に示す。

検査に要した時間は、検査員 1 名あたり、説明と休憩の時間を含み、およそ 90～120 分であった。検査中に、身体の疲労や倦怠を訴える検査員はいなかった。検査の項目・内容に関しては、特段の疑問・質問はなかった。ただし、検査中、検査後に、複数の検査員から、「試験体の寸法が小さいため、特に寝技に関する判断がむずかしい」という意見や、「現状の寸法であっても、周囲床が広くかつより安定していれば、試験体の評価もより楽にかつ的確になると思う」という意見が寄せられた。

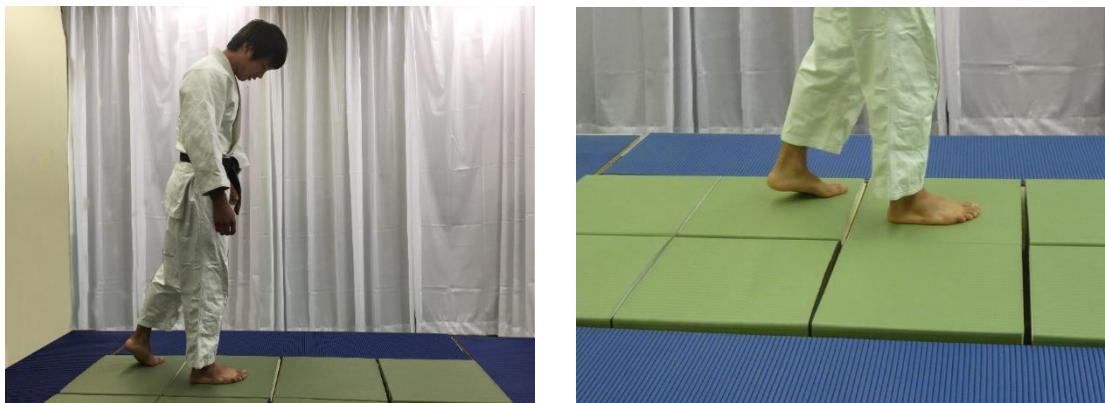


Photo 2.1 Scene of the sensory test (pre-test)

(2) 検査結果および有意性の検定

検査の結果得られた基礎データの統計的有意性を、分散分析により検定した。検定結果を Table 2.5 に示す。表から、いずれの検査項目に関しても、試験体の評価に関する分散比は危険率 5%で有意であり、試験体の寄与率も個人差のそれに比較して大きいことがわかる。

(3) 心理学的尺度の構成

検査の結果得られた基礎データから、系列範ちゅう法の尺度構成方法に従い、安全性に関する 4 尺度、競技性に関する 3 尺度、計 7 尺度を構成した。

尺度の構成結果として、尺度間の決定係数 (r^2) を Table 2.6 (1)～(3)に示す。

また、Table 2.7 (1)～(3)に示した、尺度間の代表的な対応関係 12 種類 ((a)～(l)) を、散布図として Fig. 2.2～2.4 (a)～(l)に示す。

Table 2.5 Analysis of variance table (pre-test)

		(S-1) Safety in <i>Ukemi</i>	(S-2) Safety in <i>Tachi-waza</i>	(S-3) Safety in <i>Ne-waza</i>	(S-4) Overall Safety
Variance ratio	Main effect	13.0*	11.2*	8.5*	12.4*
	Individual Variation	3.9	2.1	2.5	2.7
Contribution	Main effect	50%	48%	40%	50%
	Individual Variation	6%	2%	4%	4%
		(P-1) Playability in <i>Tachi-waza</i>	(P-2) Playability in <i>Ne-waza</i>	(P-3) Overall Playability	
Variance ratio	Main effect	13.4*	13.8*	14.7*	
	Individual Variation	1.8	1.1	1.7	
Contribution	Main effect	53%	55%	56%	
	Individual Variation	2%	1%	1%	

* Significant at $p < 0.05$

Table 2.6 (1) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (pre-test)

	S-1	S-2	S-3	S-4
S-4	0.56	0.92	0.81	1
S-3	0.53	0.90	1	
S-2	0.54	1		
S-1	1			

Table 2.6 (2) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (pre-test)

	P-1	P-2	P-3
P-3	0.95	0.96	1
P-2	0.95	1	
P-1	1		

Table 2.6 (3) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (pre-test)

	S-1	S-2	S-3	S-4
P-1	0.06	0.62	0.59	0.58
P-2	0.12	0.72	0.67	0.67
P-3	0.17	0.77	0.71	0.74

Table 2.7 (1) List of graphs of the evaluation scales (pre-test)

	S-1	S-2	S-3	S-4
S-4	(a)	(b)	(c)	
S-3	(d)	(e)		
S-2	(f)			
S-1				

Table 2.7 (2) List of graphs of the evaluation scales (pre-test)

	P-1	P-2	P-3
P-3	(g)	(h)	
P-2	(i)		
P-1			

Table 2.7 (3) List of graphs of the evaluation scales (pre-test)

	S-1	S-2	S-3	S-4
P-1		(j)		
P-2			(k)	
P-3				(l)

note : (a) ~ (l) are the names of graphs in Fig. 2.2 ~ Fig. 2.4

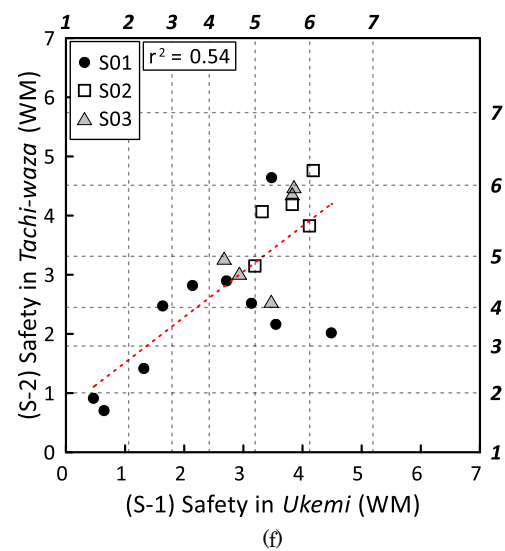
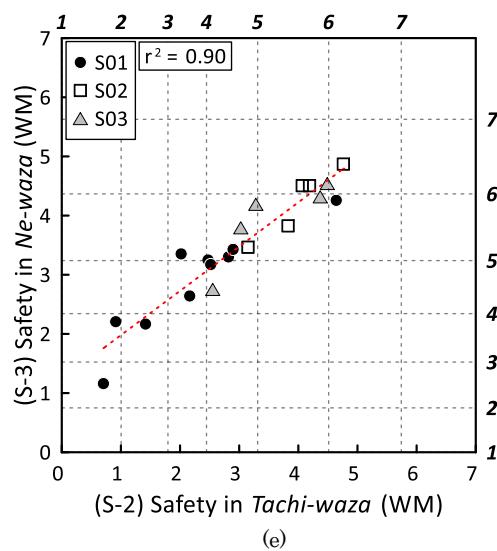
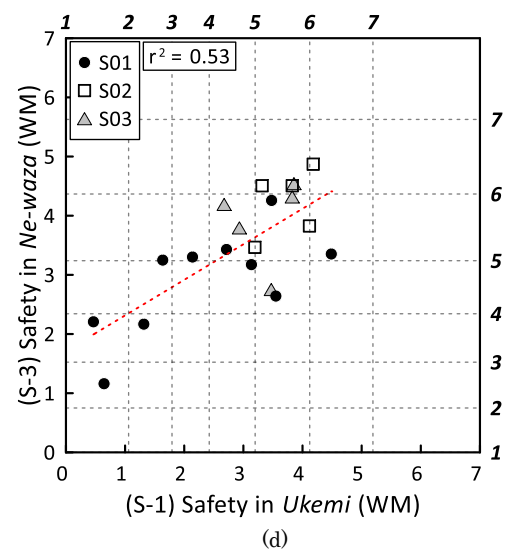
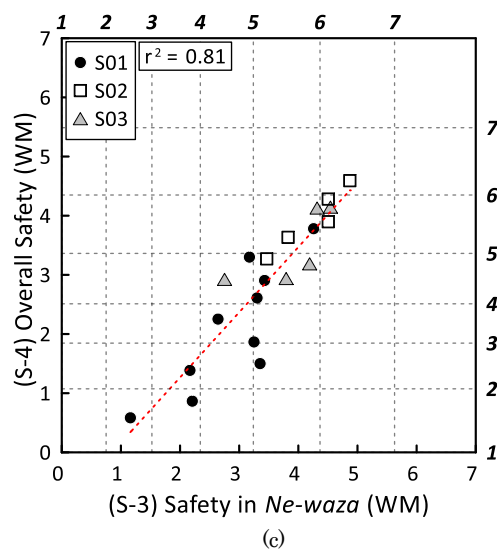
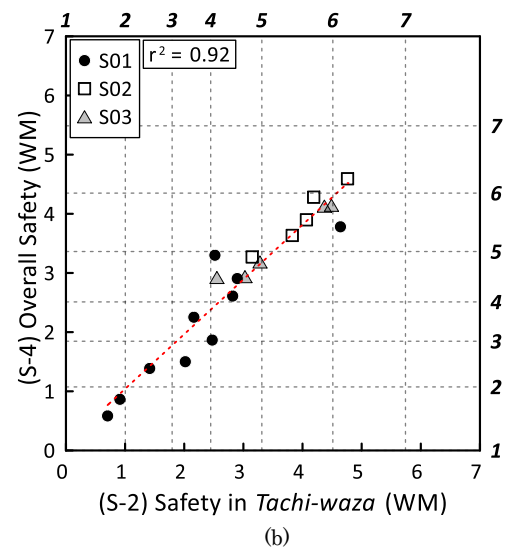
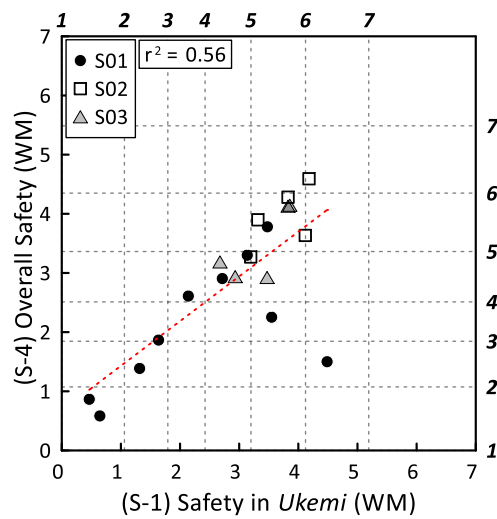


Fig. 2.2 Relations between the evaluation scales of safety

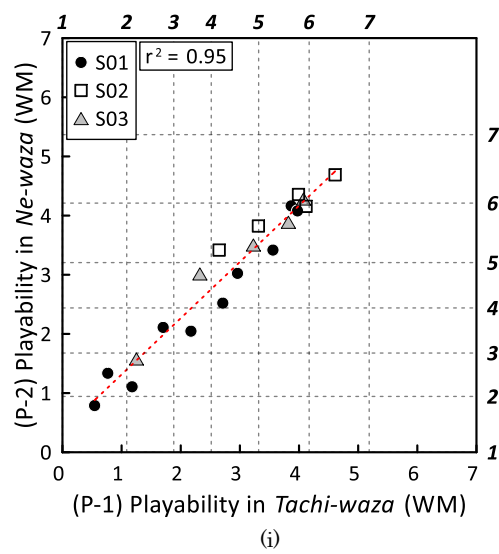
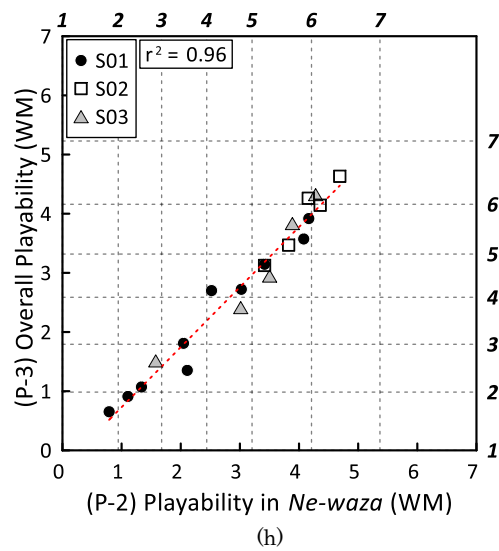
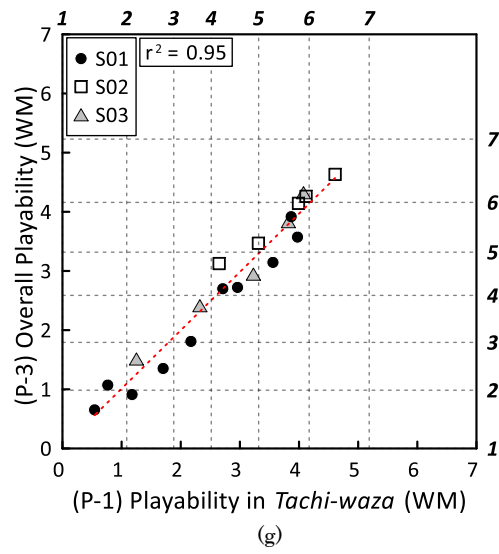
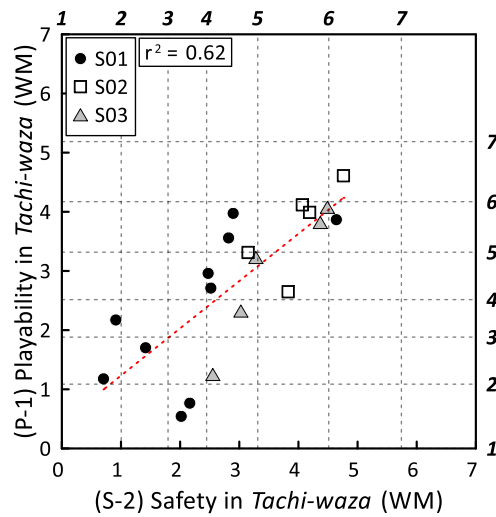
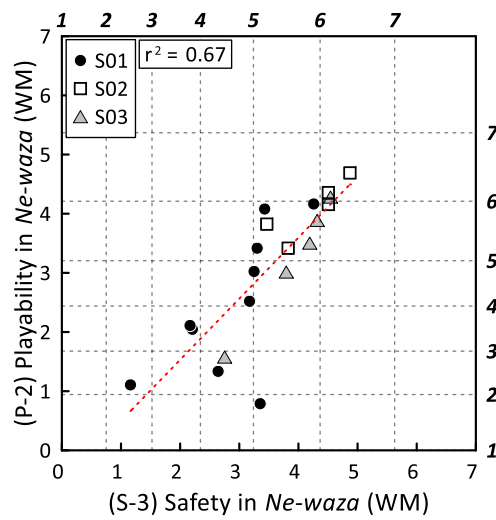


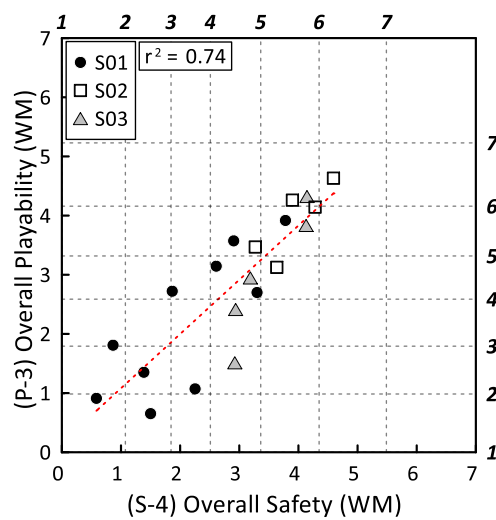
Fig. 2.3 Relations between the evaluation scales of playability



(j)



(k)



(l)

Fig. 2.4 Relations between the evaluation scales of safety and playability

2.4 尺度の相互関係の考察

(1) 安全性の尺度に関する考察

Fig. 2.2 は、安全性に関する 4 尺度 (S-1~S-4) 間の対応図, 計 6 図 ((a)~(f)) である。図中のプロットは, 下地床の種類別に示してある。

Table 2.6 およびこれらの図から, 以下を考察した。

- i) 受身時の安全性尺度 (S-1) (以下, 「受身安全性」と記す。その他の尺度も同様) は, 他の 3 尺度と異なる傾向を示す (Fig. 2.2 (a), (d), (f))。
- ii) 「受身安全性 (S-1)」を除く, その他の安全性 3 尺度 (「立技安全性 (S-2)」, 「寝技安全性 (S-3)」, 「総合安全性 (S-4)」) 相互の相関は高い (Fig. 2.2 (b), (c), (e))。

(2) 競技性の尺度に関する考察

Fig. 2.3 は, 競技性に関する 3 尺度 (P-1~P-3) 間の対応図である。

Table 2.6 および Fig. 2.3 から, 3 尺度間の相関はいずれも高いことがわかる。

(3) 安全性と競技性の関係の考察

Fig. 2.4 は, 安全性と競技性の尺度間の対応図である。

Table 2.6 から, 「受身安全性 (S-1)」と競技性に関する 3 尺度 (P-1~P-3) 間の相関はいずれも低いことがわかる。

また, Table 2.6 および Fig. 2.4 から, 「受身安全性 (S-1)」を除く, その他の尺度については, 安全性と競技性の相関はある程度高いことがわかる。

Fig. 2.4 (j), (k), (l) から, 評価が低い試験体に関しては対応関係から外れる傾向も見られる。

2.5 結論

早稲田大学柔道部の男子部員 10 名を検査員として、安全性と競技性からみた柔道場床のかたさの良否の評価を求めるための試行的検査を実施した。

検査の結果、以下の結論を得た。

- i) 試験体数 20 体、検査項目 7 項目の検査は、実施可能な内容・量の検査であった。
- ii) 検査結果は、いずれも統計学的に有意であった。
- iii) 安全性に関しては、受身時・立技時・寝技時・総合の 4 尺度を構成した。競技性に関しては、立技時・寝技時・総合の 3 尺度を構成した。
- iv) 得られた 7 尺度の相互関係を考察し、以下の傾向を把握した。
 - ①「受身安全性 (S-1)」の傾向は、それ以外の安全性の 3 尺度「立技安全性 (S-2)」, 「寝技安全性 (S-3)」, 「総合安全性 (S-4)」とは異なる。「立技安全性 (S-2)」, 「寝技安全性 (S-3)」, 「総合安全性 (S-4)」の 3 尺度の相関は比較的に高い。
 - ②競技性の 3 尺度「立技競技性 (P-1)」, 「寝技競技性 (P-2)」, 「総合競技性 (P-3)」の相関は高い。
 - ③「受身安全性 (S-1)」と競技性の 3 尺度 (P-1~P-3) の相関は低い。
 - ④「受身安全性 (S-1)」を除く、その他の安全性と競技性の尺度間の相関はある程度高い。
- v) 検査員より、検査場の改善点として、試験体の周囲床を拡大すべきことが示唆された。

第3章

既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の 妥当性に関する基礎的考察

3.1 目的と方法

本章では、第2章で構成した安全性・競技性の心理学的尺度との対応性の観点から、既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の妥当性に関し、基礎的考察をおこなうことを目的とした。

本章では、以下の方法により研究を進めた。

- i) 柔道場床のかたさに関する国内外の主要な試験方法・指標を選定する。
- ii) i) で選定した試験方法を用いて、第2章で製作した柔道場床の試験体を測定し、測定結果間の関係を考察する。
- iii) ii) の測定結果と、第2章で構成した安全性・競技性の心理学的尺度の関係を考察する。
- iv) ii), iii) の考察結果から、選定した試験方法・指標の妥当性に関し、基礎的考察をおこなう。

3.2 既往の柔道場床のかたさ試験方法による試験体の測定

3.2.1 代表的な試験方法・指標の選定

(1) 試験項目・方法・条件の選定

柔道場床の緩衝性に関する試験方法として、Table 3.1 に示す現行の公的試験方法を選定した。表中、全日本柔道連盟（AJJF）の試験方法による指標が 2 種類、国際柔道連盟（IJF）の試験方法による指標が 4 種類である。Table 3.1 には試験条件の概略と指標の記号も示した。

Table 3.1 List of indicators on hardness

	Indicator on hardness	Weight(kg)	Diameter (mm)	Fall Height (mm)	Abbreviation
AJJF	U_J (N·m)	10.5	200	1140	U_J
Standard	G_S (g)	3.75	50	200	G_S
IJF Standard	Peak Deceleration (g)	8	43	200	F_{43-20} Peak dec.
				600	F_{43-60} Peak dec.
			78	400	F_{78-40} Peak dec.
				200	F_{116-20} Peak dec.
				600	F_{116-60} Peak dec.
	Deflection (mm)		43	200	F_{43-20} Def.
				600	F_{43-60} Def.
			116	200	F_{116-20} Def.
				600	F_{116-60} Def.
	Resilience (%)		43	200	F_{43-20} Res.
				600	F_{43-60} Res.
				200	F_{116-20} Res.
				600	F_{116-60} Res.
	Difference of Deflections (mm)		50	78	-

(2) 試験方法および緩衝性に関する指標の概要

i) 全日本柔道連盟（AJJF）の試験方法

① 柔道場の床の緩衝効果の試験方法

この試験方法は小野らの研究^{6),7)}において開発されたものであり、現在、AJJFの『公認用具（柔道畳）規程』¹⁰⁾に採用されている。また、日本産業規格『JIS A 6519：体育館用鋼製床下地構成材』⁸⁾および日本建築学会『床性能評価指針』⁹⁾にも定められている。

本試験方法で用いる「柔道場の床の緩衝効果測定装置」の概要を Fig. 3.1 に示す。本装置は、電磁石により所定の高さに吊った重錘をゴムばね上に落下させることにより、荷重板が設置してある床に競技者が投げられて衝突した際と同様の動的荷重を作用させるものである。この時に床に作用する動的荷重および床の動的変形を、荷重変換器およびガイドパイプ頂部に取り付けた変位変換器で測定する。

Fig. 3.2 左図に、本装置で測定される荷重・時間曲線および変形・時間曲線の例を示す。また、これらの曲線から得られる、変形の立上り時点から最大値 D_{max} (mm) に達するまでの荷重・変形曲線を Fig. 3.2 右図に示す。ここで、測定値 U_J (N·m) は、同図中に灰色で示した部分の面積であり、変形が最大に達する時点までの床の変形エネルギーを意味する。

U_f を用いて試験対象床の緩衝性を評価し、 U_f の値が大きいほど緩衝性が大きい床と判断するものである。

柔道競技においては、受身のときに床に 10kN を超える動的荷重が作用することもある^{6), 7)}。第1章で述べたように、国内の専用床では安全性と競技性を同時に確保するため、足運びに優れ緩衝性を抑えた柔道畳と、コイルスプリングなどの採用により緩衝性をもたせた下地床の組合せによる床が主流である。

本装置の特徴として、他種の緩衝性測定装置と比較して荷重板直径が大きく、安定して柔道畳上に設置できるため、実情を想定した水準の動的荷重条件下において、特に下地床の緩衝性を的確に測定・評価できる点が挙げられる。

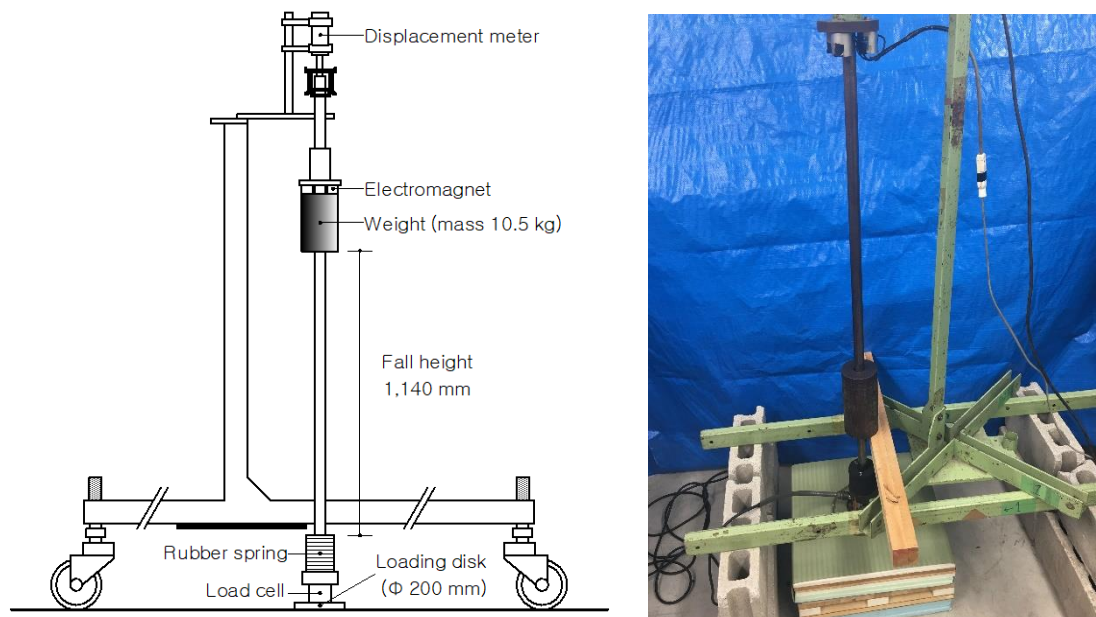


Fig. 3.1 Judo floor shock absorbing effect tester (AJJF)

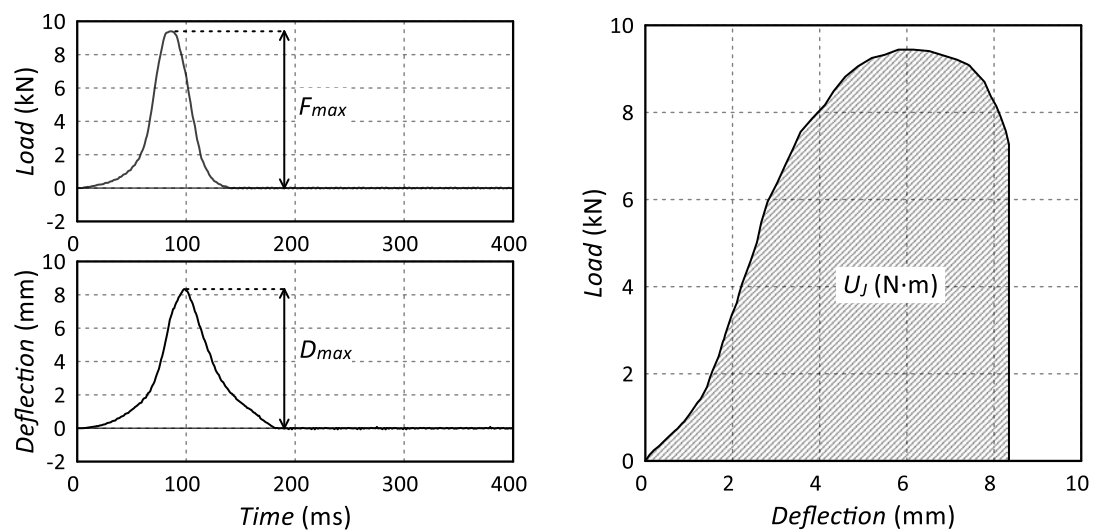


Fig. 3.2 An example of measurement results of Judo floor shock absorbing effect (sample N05)

② 転倒衝突時の床のかたさの試験方法

この試験方法も、小野らの研究^{39), 40)}において開発されたものであり、①の試験方法と同様に、現在、AJJFの『公認用具（柔道畳）規程』¹⁰⁾、『JIS A 6519：体育館用鋼製床下地構成材』⁸⁾および日本建築学会『床性能評価指針』⁹⁾に定められている。

本試験方法で用いる「転倒衝突時の床のかたさ測定装置」の基幹部である、頭部モデルの概要を Fig. 3.3 に示す。本装置は、所定の質量の頭部モデルを所定の高さから頭皮を模したゴム板を敷いた床に自由落下させることにより、人間の頭部が床に衝突した時と同様の衝撃を作用させ、この時の衝撃を頭部モデルに装着した加速度計で測定するものである。

Fig. 3.4 に、本装置で測定される加速度・時間曲線の例を示す。転倒衝突時の床のかたさは、この曲線の最大値 G_s (g) で表示できる。かたさの性能値 G_s の値が小さいほど、試験対象床はやわらかく、安全であることを意味する。柔道場床においては、おもに柔道畳のかたさを的確に測定・評価できると考えられる。

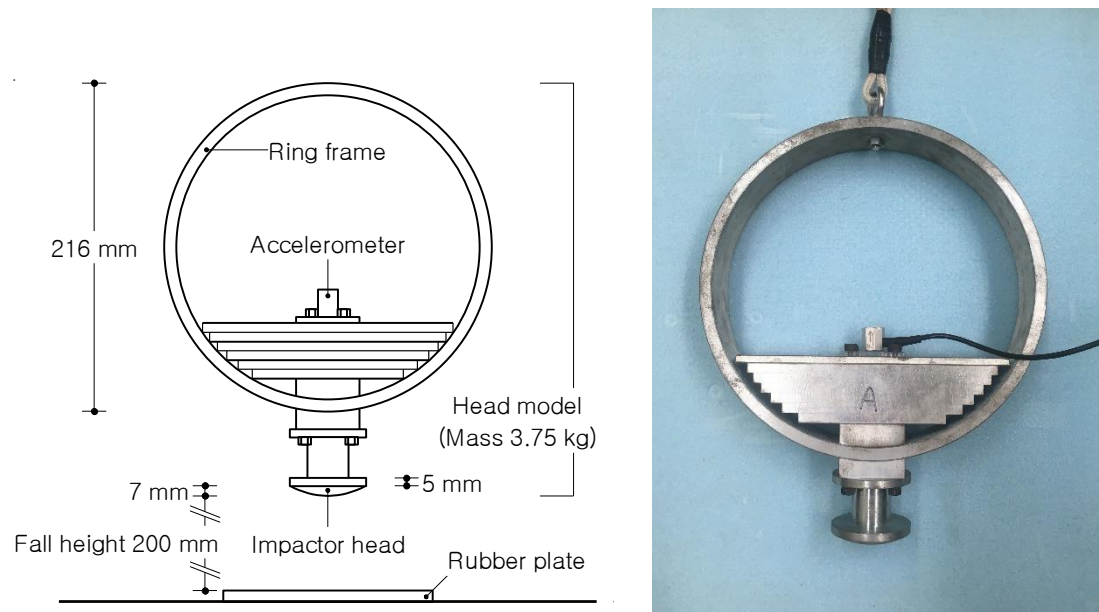


Fig. 3.3 Floor hardness tester (AJJF)

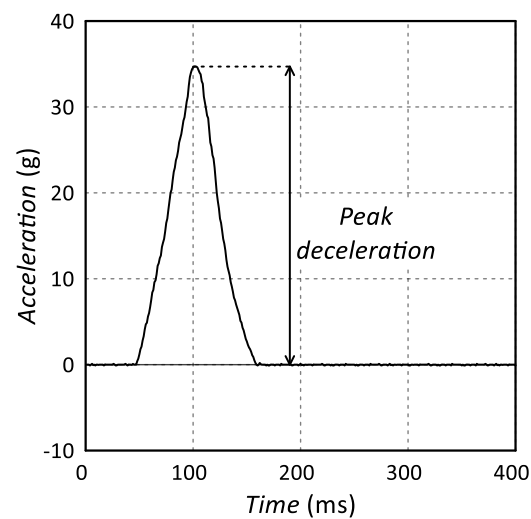


Fig. 3.4 An example of measurement results of floor hardness (sample N05)

ii) 国際柔道連盟 (IJF) の試験方法

①柔道畳の緩衝性の試験方法

この試験方法は、かつてのフランス規格を起源としており、現行の IJF 規格およびヨーロッパ規格 (EN) に採用されている^{13), 14), 17)}。しかしながら、筆者の知る範囲では、学術的根拠に関する文献等は見当たらない。

本試験方法で用いる「柔道畳の緩衝性測定装置」の概要および試験条件を Fig. 3.5, Table 3.1 に示す。本装置の原理は、i) ②で述べた転倒衝突時の床のかたさ測定装置の原理と同様である。本装置は、所定の質量の衝突モデルを所定の高さから柔道畳に自由落下させ、その時に衝突モデルに発生する衝撃をモデルに装着した加速度計で測定するものである。試験条件として、Fig. 3.5, Table 3.1 に示すように、衝突モデルの加撃部直径は 3 水準、試験時の落下高さも 3 水準、用意されている。それらの組合せは、Table 3.1 に示す計 5 種類である。

Fig. 3.6 上図に、本装置で測定される加速度・時間曲線の例を示す。本試験方法では、この曲線を積分することにより、Fig. 3.6 下図に示すような変形・時間曲線を求める。

本試験方法では、緩衝性に関する指標として、Table 3.1, Fig. 3.6 および以下に示す 3 種類を定めている。

- ・ *Peak deceleration* (g) (以降, *Peak dec.*) : 加速度・時間曲線の最大値 (最大減速度)
- ・ *Deflection* (mm) (以降, *Def.*) : 変形・時間曲線の最大値 (最大変形)
- ・ *Resilience* (%) (以降, *Res.*) : 衝突前後の衝突モデルの運動エネルギー比

これらの指標を一覧にして Table 3.1 に示す。表の右欄に示すように、これらの指標の略称は、衝突モデルの加撃部直径および落下高さがわかるように定めた。Table 3.1 に示すように、IJF 規格では、指標の数は計 13 種類と多い。しかし、これらが競技者の安全性・競技性の観点からどのような意味を持つかに関しては規格文書に特段の記述はない。基本的傾向としては、*Peak dec.*が大きいほど柔道畳はかたく、*Def.*が大きいほど柔道畳はやわらかく、*Res.*が大きいほど柔道畳は反発が強いと考えられる。

なお、ヨーロッパにおいては日本国内の柔道場のように緩衝性に優れる下地床を有する専用床は少なく、そのためか IJF 規格や EN では、柔道畳に関する規格は存在するが、下地床や柔道場床全体を対象とした規格は存在しない。

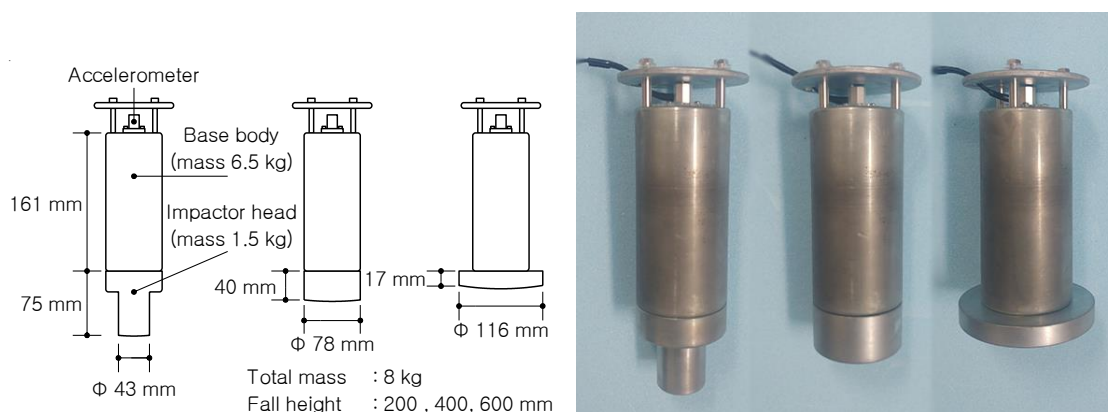


Fig. 3.5 Judo mat shock absorption tester (IJF)

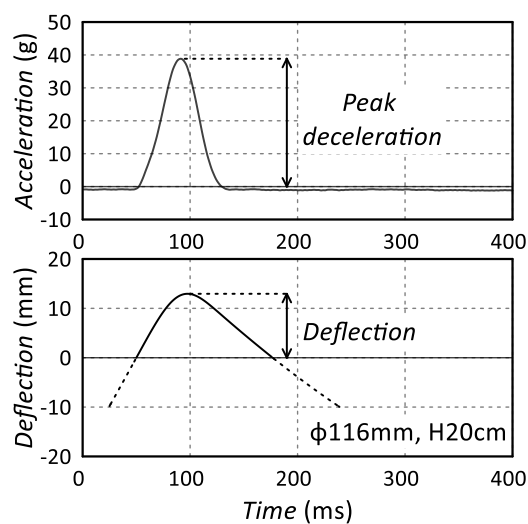


Fig. 3.6 An example of measurement results of Judo mat shock absorption effect (sample N05)

②柔道畳の局部変形性の試験方法

①の方法と同様に、この試験方法も現行のIJF規格およびENに採用されている^{17),18)}。本試験方法は、これまでに記述した3種類の動的試験方法とは異なり、静的載荷による試験方法である。

本試験方法で用いる柔道畳の「局部変形性測定装置」の概要および試験条件を Fig. 3.7 に示す。

本装置は、直径78mmの載荷板を介して総質量50kgの重錘により、柔道畳に所定の荷重を載荷する。そのときの載荷点での柔道畳の変形量と、載荷点から半径80mmの位置の変形量の差量を局部変形性の指標、*Difference of Deflection* (mm) (以降、*D.o.D.*) として測定するものである。この指標の値が大きいほど柔道畳の局部変形性は大きいと考えられる。

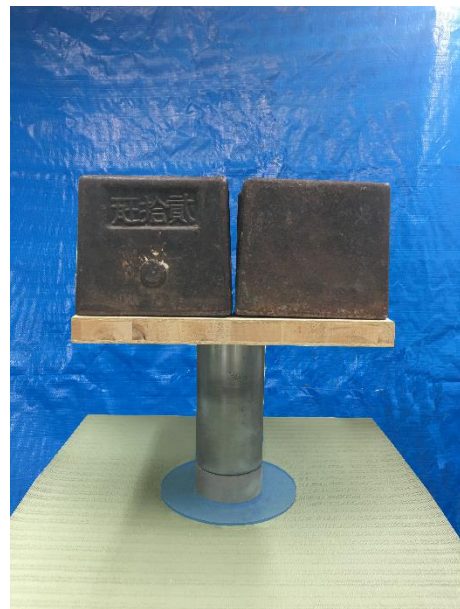
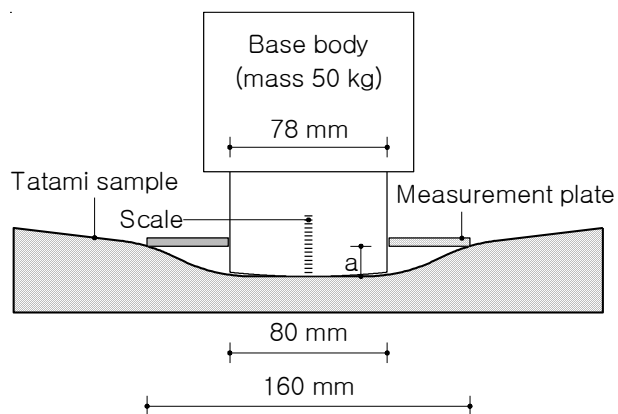


Fig. 3.7 Judo mat static stiffness tester (IJF)

3.2.2 既往の緩衝性試験方法による試験体の測定

前節 3.2.1 で選定した測定方法を用いて、第2章で製作した試験体、計20体を測定した。測定で得た波形データの例（試験体 N05）を、Fig.3.2, Fig. 3.4, Fig. 3.6 に示した。このような波形データから、Table 3.1 に示した、緩衝性（かたさ）に関する各指標を算出した。

試験体の測定結果として、緩衝性に関する各指標の対応関係を Table 3.2 に示す。Table 3.2 の各欄の数値は、指標間の関係性を直線回帰分析および対数(L)・累乗(P)・指数(E)の基本的な3種関数により回帰分析したときの、計4種類の決定係数 r^2 のうち、もっとも大きい値を相関性の代表値として選定したものである。

また、Table 3.3 に示した、指標間の代表的な対応関係18種類 ((a)~(r)) を、散布図として Fig. 3.8 (1)~(3)の(a)~(r)に示す。(a)~(r)の各図の上部には r^2 の値も示した。

Table 3.2 および Fig. 3.8 (1)~(3)から、AJJF および IJF の試験方法による測定から得られた指標の対応関係について、次節 3.3 で考察する。

Table 3.2 Coefficients of determination (r^2) between measured indicators on hardness

	U_J	G_S	Peak dec.					Def.				Res.				$D.o.D.$
			F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
$D.o.D.$	1.0.15	p0.66	p0.38	0.05	0.06	p0.22	0.04	p0.90	p0.81	p0.90	p0.80	p0.06	1.0.01	0.00	0.02	1
Res.	F_{116-60}	1.0.06	0.00	p0.01	1.0.01	0.00	0.00	1.0.01	1.0.03	1.0.04	1.0.01	1.0.02	1.0.42	1.0.43	1.0.45	1
	F_{116-20}	1.0.02	0.00	p0.04	1.0.08	1.0.05	1.0.02	1.0.32	p0.01	0.01	0.00	1.0.01	0.40	p0.65	1	
	F_{43-60}	1.0.08	p0.06	p0.01	1.0.01	0.00	p0.04	0.00	0.04	0.06	1.0.07	1.0.12	p0.86	1		
Def.	F_{43-20}	p0.32	p0.22	p0.06	0.02	0.07	1.0.16	0.07	1.0.25	p0.25	1.0.21	1.0.34	1			
	F_{116-60}	1.0.72	p0.86	p0.63	0.28	p0.36	p0.75	p0.33	0.90	p0.94	p0.91	1				
	F_{116-20}	p0.57	p0.72	p0.47	p0.15	1.0.20	p0.48	p0.34	0.93	p0.86	1					
Peak dec.	F_{43-60}	p0.47	p0.83	p0.65	0.27	p0.47	p0.59	p0.38	p0.92	1						
	F_{43-20}	p0.47	p0.79	p0.52	p0.26	p0.34	p0.53	p0.32	1							
	F_{116-60}	0.56	p0.72	0.81	p0.87	p0.94	p0.88	1								
Peak dec.	F_{116-20}	0.81	p0.70	1.0.77	p0.69	0.82	1									
	F_{78-40}	0.47	p0.66	1.0.84	p0.95	1										
	F_{43-60}	0.31	p0.56	1.0.79	1											
Peak dec.	F_{43-20}	0.41	0.81	1												
	G_S	0.52	1													
	U_J	1														

note : Explanation of prefixes of r^2 values
 $r^2 = 0.90$: Linear function regression
1.0.90 : Logarithm function regression
p0.90 : Power function regression
p0.90 : Exponential function regression

Table 3.3 List of graphs of the measured indicators on hardness

	U_J	G_S	Peak dec.					Def.				Res.				$D.o.D.$
			F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
$D.o.D.$	(e)	(i)	(m)					(p)				(r)				
Res.	F_{116-60}															
	F_{116-20}						(l)									
	F_{43-60}											(q)				
Def.	F_{43-20}	(d)	(h)							(o)						
	F_{116-60}	(c)	(g)			(k)		(n)								
	F_{116-20}															
Peak dec.	F_{43-60}															
	F_{43-20}															
	G_S	(a)														
Peak dec.	U_J															

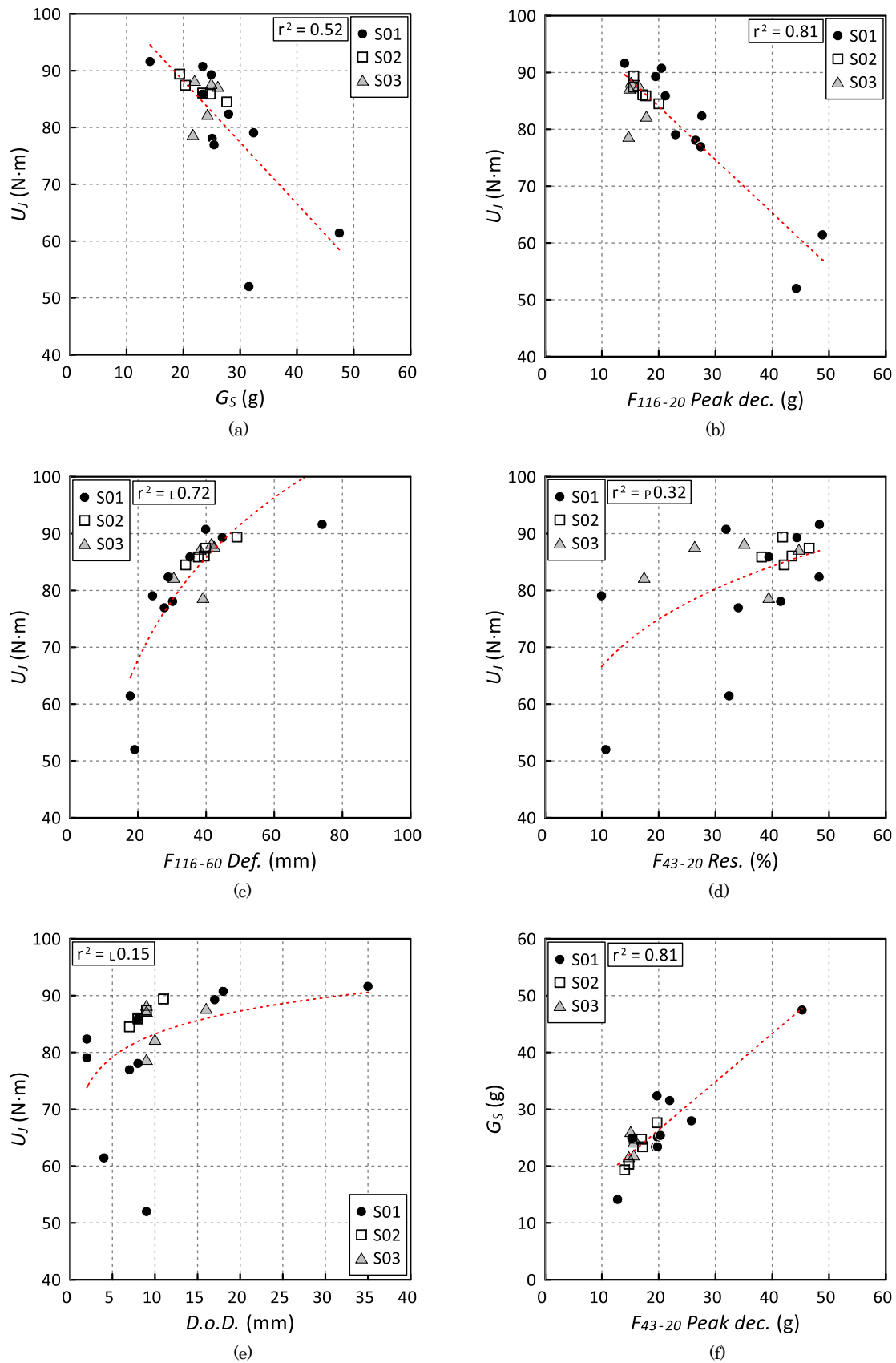


Fig. 3.8 (1) Relations between measured indicators on hardness (AJJF and IJF)

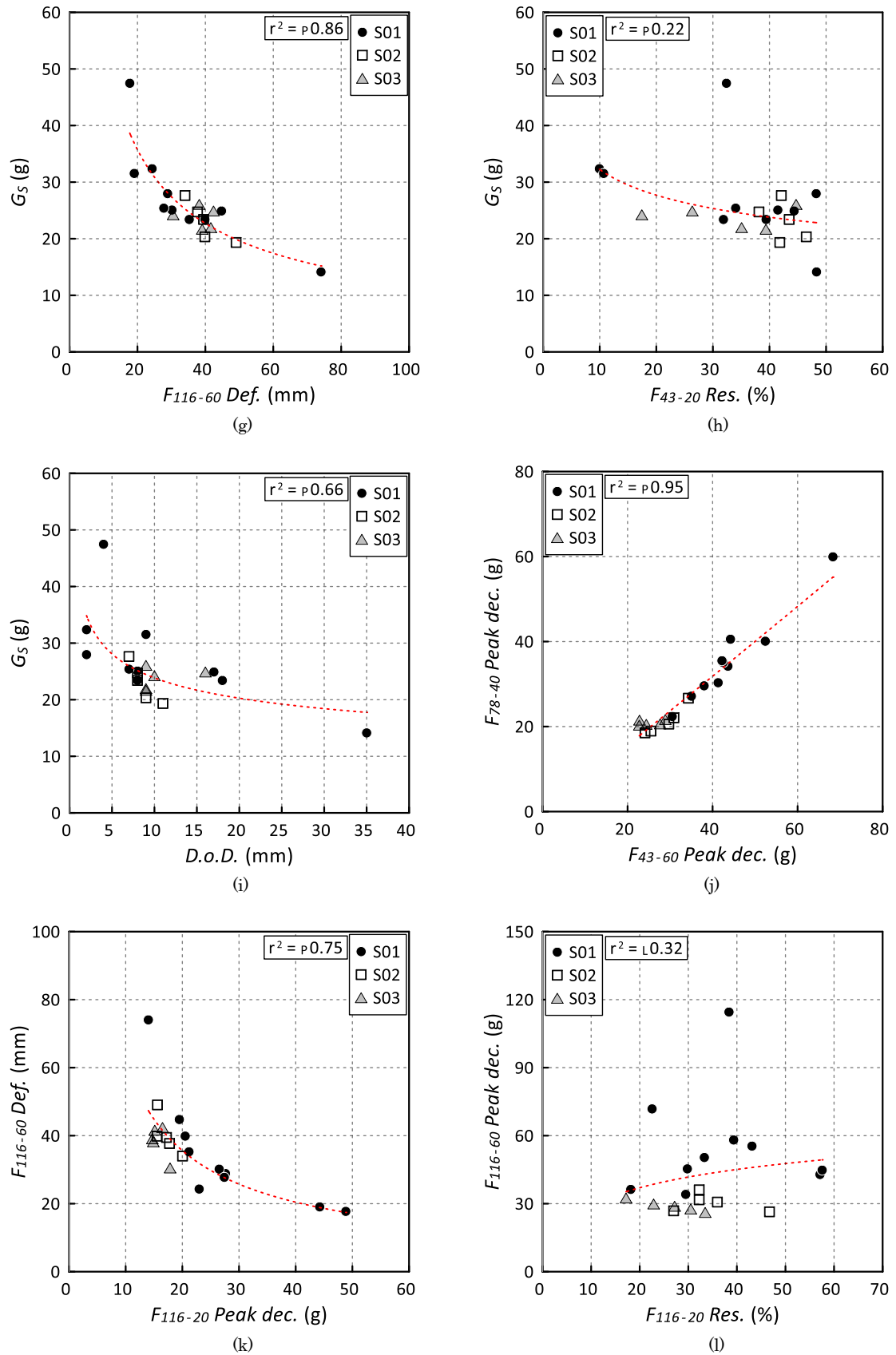


Fig. 3.8 (2) Relations between measured indicators on hardness (AJJF and IJF)

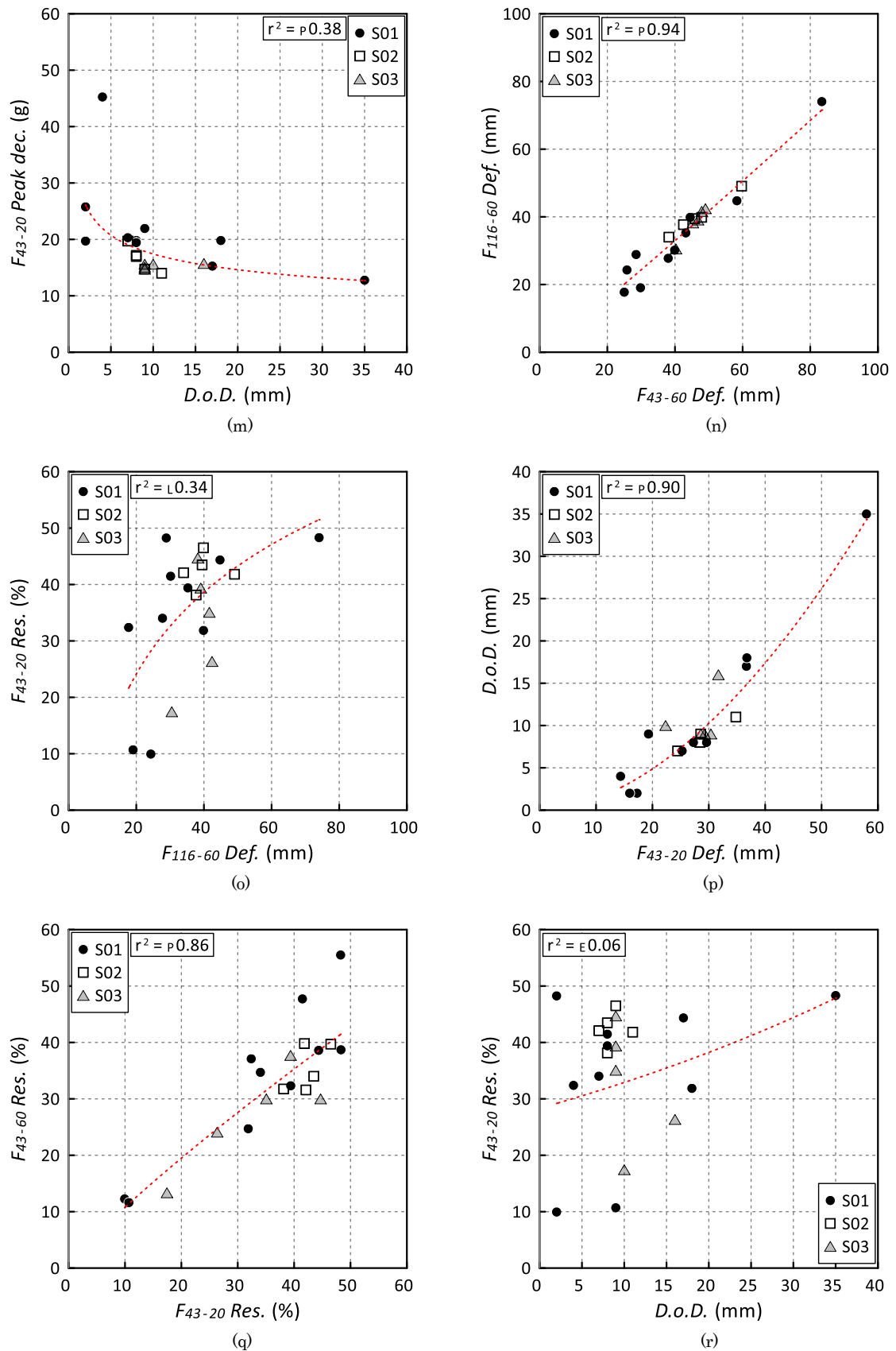


Fig. 3.8 (3) Relations between measured indicators on hardness (AJJF and IJF)

3.3 既往のかたさ試験方法から得られる指標間の関係の考察

(1) 変形エネルギー U_J とその他の指標の関係

AJJF 試験の指標である変形エネルギー U_J と最大加速度 G_S の関係を Fig. 3.8 (1) (a) に示す。両者には負の相関が認められるが、相関関係からはずれる試験体もあり、いずれかの指標で他方を代替できるまでの相関性はない。

U_J と IJF 試験による最大減速度 *Peak dec.* の関係については、IJF 試験の試験条件により相関性の程度に差異が認められる。この中で相関が高い例として U_J と F_{116-20} *Peak dec.* の対応図を Fig. 3.8 (1) (b) に示す。両者の間には比較的高い負の相関が認められる。

U_J と IJF 試験の最大変形 *Def.* の関係については、 r^2 は 0.47~0.72 の範囲にある。この中で相関が高い例として U_J と F_{116-60} *Def.* の対応図を Fig. 3.8 (1) (c) に示す。両者の間には右上がりの傾向が認められる。しかし、 U_J の値が小さい範囲では、対応からはずれる試験体もある。

U_J と IJF 試験の運動エネルギー比 *Res.* の関係については、 r^2 は 0.02~0.32 の範囲にあり相関は低い。この中で相対的に r^2 が大きい例として U_J と F_{43-60} *Res.* の対応図を Fig. 3.8 (1) (d) に示す。両者の間にはおおよそ右上がりの傾向が認められるが、対応関係からはずれる試験体もあり、明瞭な相関があるとは言いがたい。

U_J と IJF 試験による局部変形性の指標 *D.o.D.* の関係については、Fig. 3.8 (1) (e) に示すように、両者の間にはおおよそ右上がりの傾向が認められる。しかし、対応関係から外れる試験体もあり、良い対応とは言いがたい。

(2) 最大加速度 G_S とその他の指標の関係

AJJF 試験による G_S と IJF 試験による最大減速度 *Peak dec.* の間には、ある程度の相関が認められる。この中で相関が高い例として G_S と F_{43-20} *Peak dec.* の対応図を Fig. 3.8 (1) (f) に示す。両者の測定に用いる衝突モデルの加撃部形状や質量等は異なるが、物理学的に同じ内容の指標であり、落下高さも同じためか、指標間の相関は比較的高い。全体的には衝突モデルの質量が小さい G_S のほうが指標の値がやや大きい傾向にある。

G_S と IJF 試験による最大変形 *Def.* の間にも、ある程度の相関が認められる。この中で相関が高い例として G_S と F_{116-60} *Def.* の対応図を Fig. 3.8 (2) (g) に示す。両者には非線形の良い相関が認められる。

G_S と IJF 試験による運動エネルギー比 *Res.* との相関は低い。両者の対応の例として、 G_S と F_{43-20} *Res.* の対応図を Fig. 3.8 (2) (h) に示す。両者には明瞭な相関は認められない。

G_S と IJF 試験による局部変形性の指標 *D.o.D.* の間には、Fig. 3.8 (2) (i) に示すように、ある程度、非線形的な相関が認められる。

(3) 最大減速度 *Peak dec.* 間の関係およびその他の指標との関係

最大減速度 *Peak dec.* については、5 種類の試験条件から得られた 5 種類の *Peak dec.* が

あるが、これら相互の相関は比較的高い。この中で相関が高い例として F_{78-40} *Peak dec.*と F_{43-60} *Peak dec.*の対応図を Fig. 3.8 (2) (j) に示す。両者には高い相関が認められる。

*Peak dec.*と最大変形 *Def.*の関係については、試験条件により相関性の程度は異なる。この中で相対的に相関が高い例として F_{116-20} *Peak dec.*と F_{116-60} *Def.*の対応図を Fig. 3.8 (2) (k) に示す。両者には比較的良い、非線形の相関が認められる。

*Peak dec.*と運動エネルギー比 *Res.*の相関は低い。両者の対応の例として、 F_{116-60} *Peak dec.*と F_{116-20} *Res.*の対応図を Fig. 3.8 (2) (l) に示す。両者には明瞭な相関は認められない。

*Peak dec.*と局部変形性の指標 *D.o.D.*との相関も低い。両者の対応の例として、 F_{43-20} *Peak dec.*と *D.o.D.*の対応図を Fig. 3.8 (3) (m) に示す。両者にはおよそ非線形的な傾向も認められるが、良い相関とまでは言いがたい。

(4) 最大変形 *Def.*間の関係およびその他の指標との関係

最大変形 *Def.*については、4 種類の試験条件から得られた 4 種類の *Def.*があるが、これら相互の相関は高い。この中で相関が高い例として F_{116-60} *Def.*と F_{43-60} *Def.*の対応図を Fig. 3.8 (3) (n) に示す。両者には高い相関が認められる。

*Def.*と運動エネルギー比 *Res.*の相関は低い。両者の対応の例として、 F_{116-60} *Def.*と F_{43-20} *Res.*の対応図を Fig. 3.8 (3) (o) に示す。両者には右上がりの傾向が認められるが、相関が高いとは言いがたい。

*Def.*と局部変形性の指標 *D.o.D.*との相関は高い。両者の対応の例として、 F_{43-20} *Def.*と *D.o.D.*の対応図を Fig. 3.8 (3) (p) に示す。両者には非線形の高い相関が認められる。

(5) 運動エネルギー比 *Res.*間の関係および局部変形性の指標との関係

運動エネルギー比 *Res.*については、4 種類の試験条件から得られた 4 種類の *Res.*があるが、それらの相関性は試験条件により異なる。この中で相関が高い例として F_{43-20} *Res.*と F_{43-60} *Res.*の対応図を Fig. 3.8 (3) (q) に示す。両者には高い相関が認められる。

*Res.*と局部変形性の指標 *D.o.D.*との相関は低い。両者の対応の例として、 F_{43-20} *Res.*と *D.o.D.*の対応図を Fig. 3.8 (3) (r) に示す。両者には明瞭な相関は認められない。

3.4 かたさに関する評価尺度と既往の指標の関係の考察

第2章で得た、柔道場床の安全性と競技性に関する試行的評価尺度、計7尺度と、前節で考察した各指標の関係性をTable 3.4に示す。Table 3.4の各欄の数値は、7尺度と指標間の関係性を、次の5種類の回帰分析から得た決定係数 r^2 のうち、もっとも大きい値を相関性の代表値として選定したものである。

- ・直線回帰分析
- ・対数(L)・指数(E)・二次(Q)の3種関数による回帰分析
- ・局所多項式回帰分析(LR)

また、Table 3.5に示した、尺度・指標間の代表的な対応関係76種類((1)～(76))を、散布図としてFig. 3.9～Fig. 3.28の(1)～(76)に示す。(1)～(76)の各図の上部には r^2 の値も示した。

Table 3.4およびFig. 3.9～Fig. 3.28(1)～(76)から、尺度と指標の対応関係について、以下を考察した。

Table 3.4 Coefficients of determination (r^2)
between evaluation scales and measured indicators on hardness

Between Evaluation Source and Modulator Parameters on Parameters																	
		U_J	G_S	Peak dec.					Def.				Res.				D.o.D.
				F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
WM	S-1	e0.51	0.41	0.32	0.26	0.33	0.45	0.24	l0.68	l0.70	l0.67	l0.62	0.20	0.00	0.01	0.08	l0.59
	S-2	q0.15	0.09	0.09	0.15	0.20	0.20	0.12	lR0.58	lR0.55	lR0.66	q0.34	q0.41	q0.52	q0.32	q0.29	lR0.59
	S-3	q0.13	0.11	0.07	0.15	0.19	0.19	0.10	q0.28	lR0.48	q0.29	q0.26	q0.46	q0.50	q0.33	q0.31	q0.09
	S-4	q0.20	0.12	0.16	0.23	0.28	0.27	0.18	lR0.72	lR0.67	lR0.81	lR0.62	q0.40	q0.52	q0.21	q0.32	lR0.63
	P-1	lR0.31	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	lR0.56	lR0.37	lR0.74	lR0.30	q0.26	q0.25	q0.23	q0.39	lR0.62
	P-2	lR0.28	0.00	0.00	0.04	0.06	0.02	0.02	lR0.61	lR0.41	lR0.76	lR0.31	q0.27	q0.25	q0.24	q0.38	lR0.71
	P-3	lR0.30	0.01	0.01	0.05	0.08	0.05	0.03	lR0.55	lR0.38	lR0.76	lR0.34	q0.33	q0.33	q0.24	q0.43	lR0.67

note : Explanation of prefixes of r^2 values

$r^2 = 0.90$: Linear function regression

l0.90 : Logarithm function regression

e0.90 : Exponential function regression

q0.90 : Quadratic function regression

lR0.90 : Local regression

Table 3.5 List of graphs of the relations between evaluation scales
and measured indicators on hardness

and Measured Indicators on Parameters																	
		U_I	G_S	Peak dec.					Def.				Res.				D.o.D.
				F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
WM	S-1	(1)	(5)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(19)	(23)	(27)	(31)	(35)	(36)	(37)	(38)	(43)
	S-2	(2)	(6)						(20)	(24)	(28)	(32)					(44)
	S-3	(3)	(7)						(21)	(25)	(29)	(33)					(45)
	S-4	(4)	(8)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(22)	(26)	(30)	(34)	(39)	(40)	(41)	(42)	(46)
	P-1	(47)	(50)						(58)	(61)	(64)	(67)					(74)
	P-2	(48)	(51)						(59)	(62)	(65)	(68)					(75)
	P-3	(49)	(52)	(53)	(54)	(55)	(56)	(57)	(60)	(63)	(66)	(69)	(70)	(71)	(72)	(73)	(76)

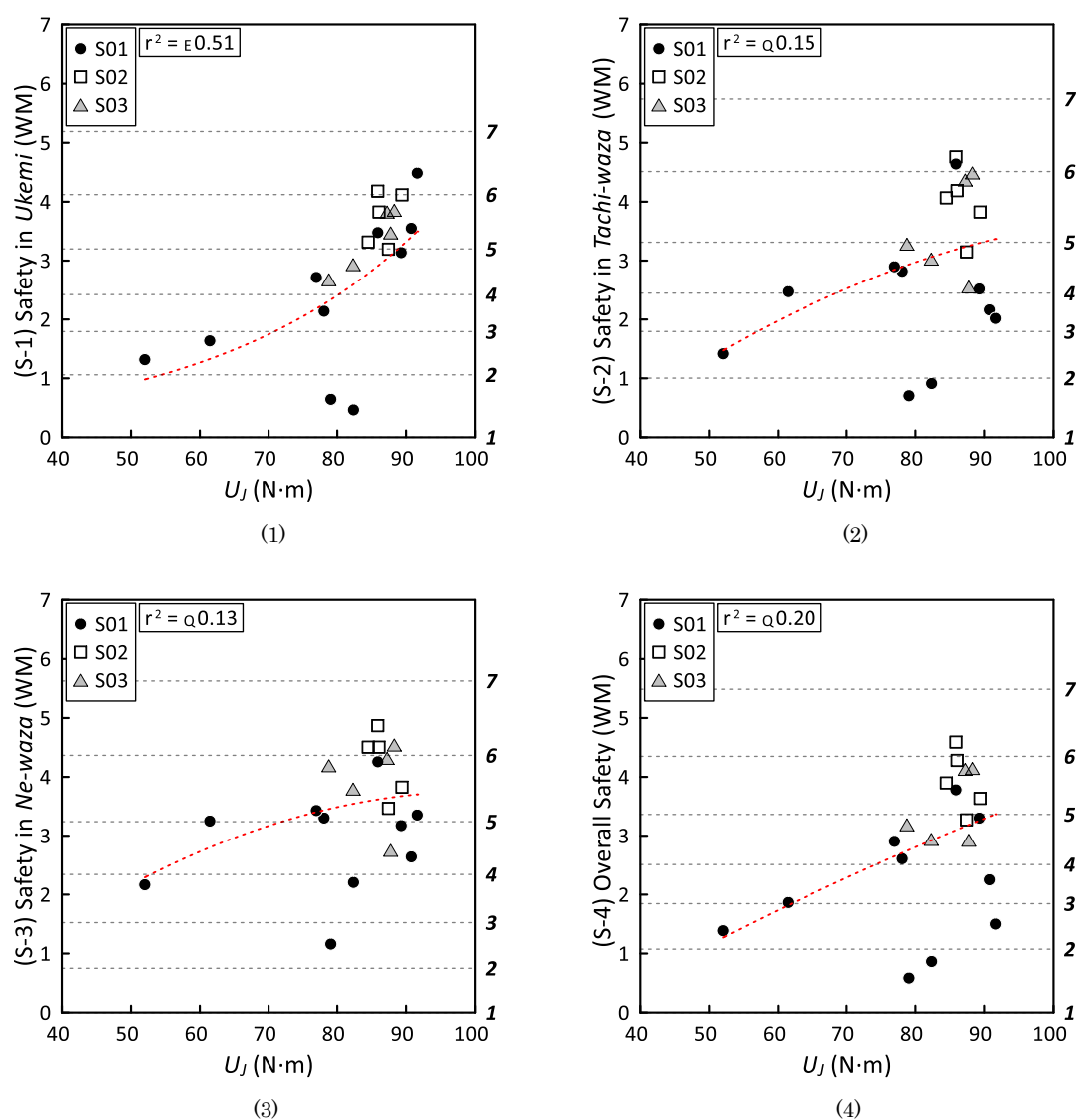


Fig. 3.9 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness (U_J)

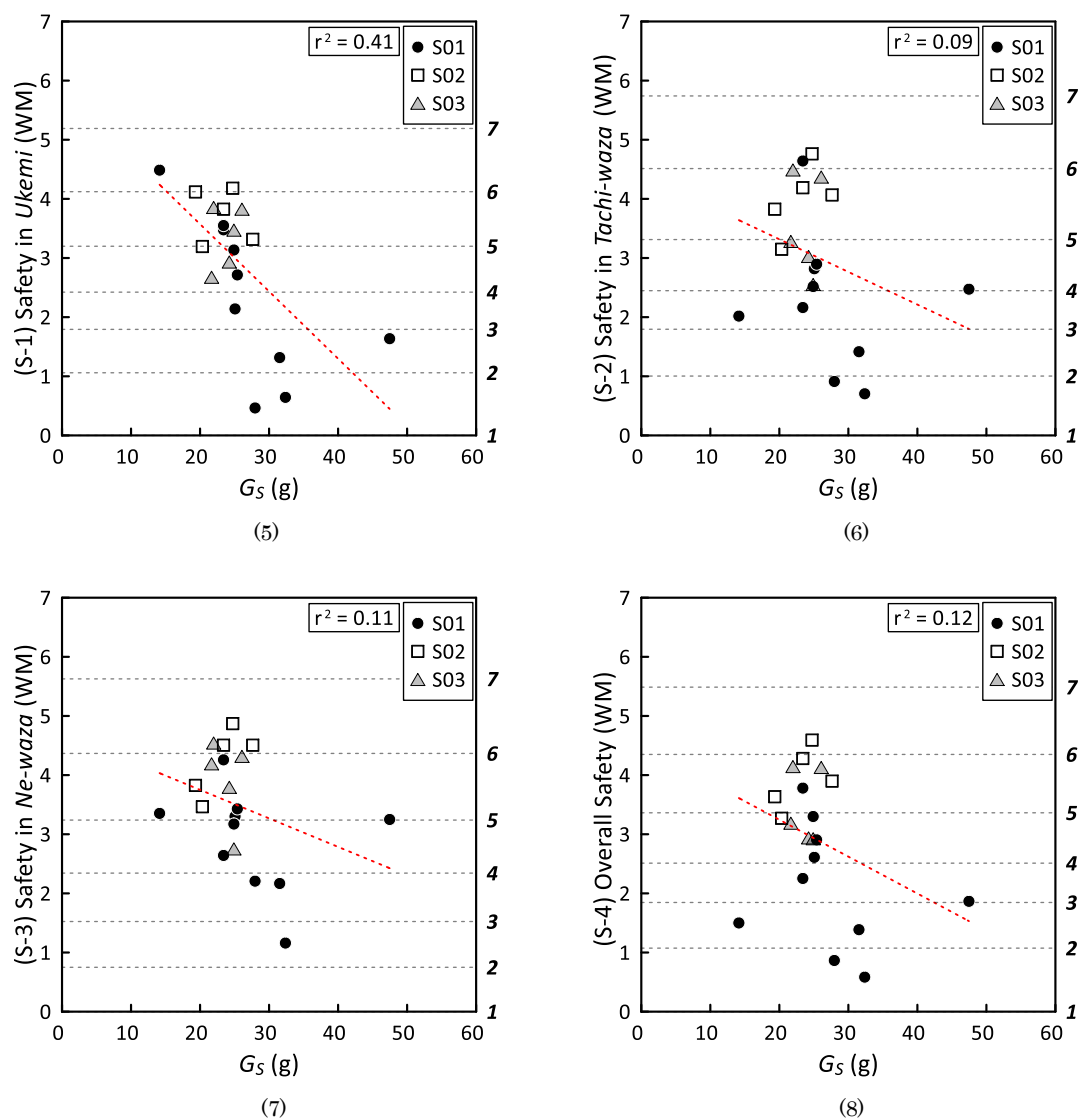
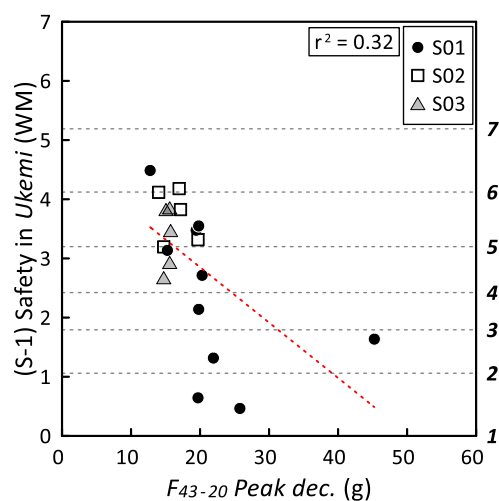
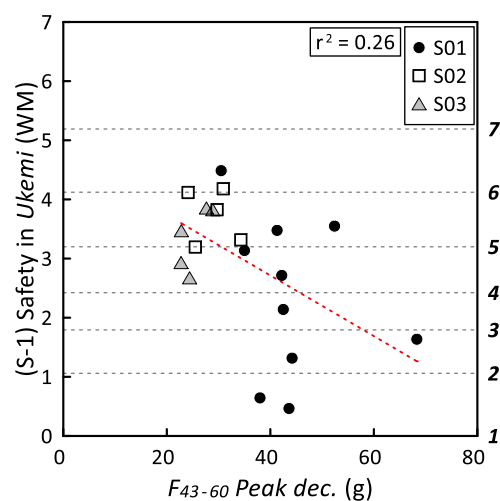


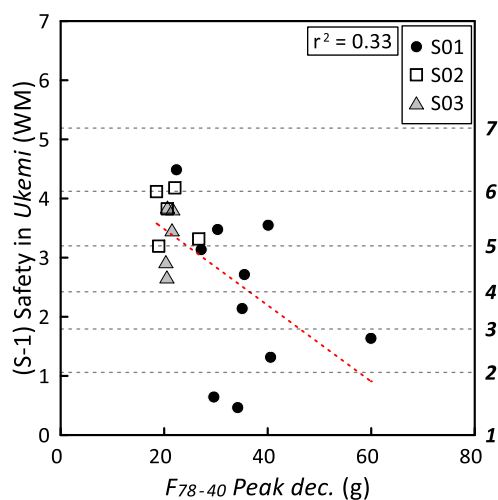
Fig. 3.10 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness (G_S)



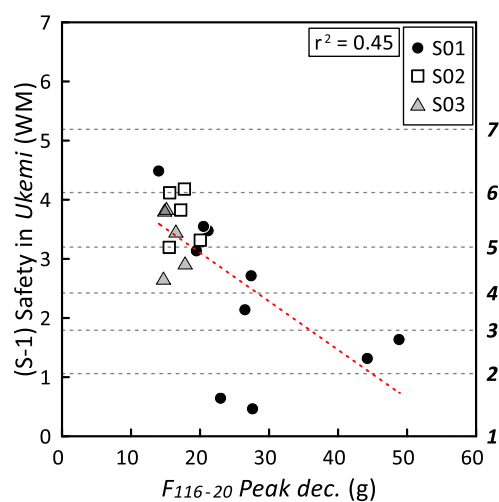
(9)



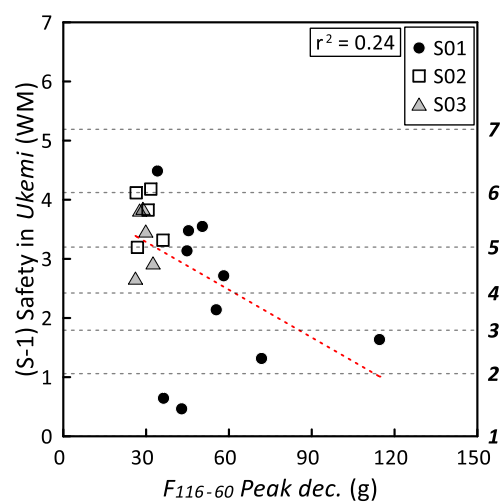
(10)



(11)

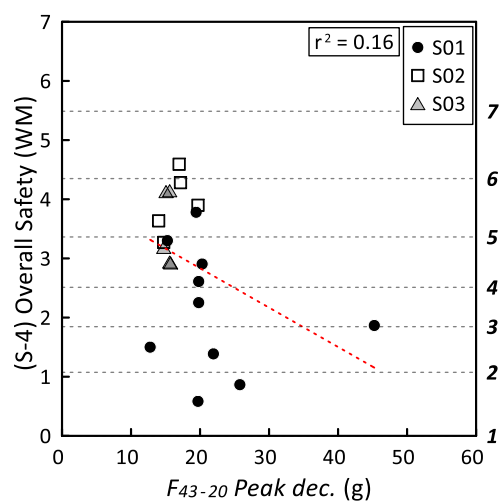


(12)

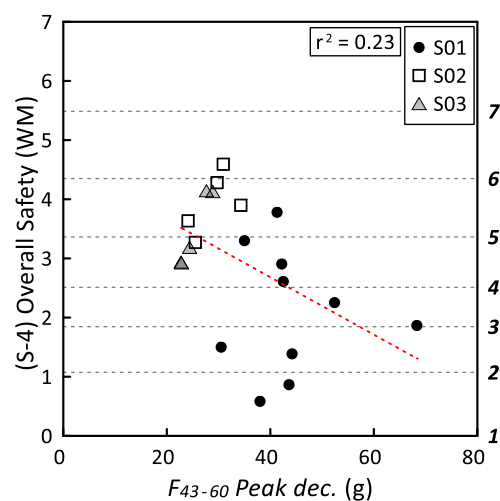


(13)

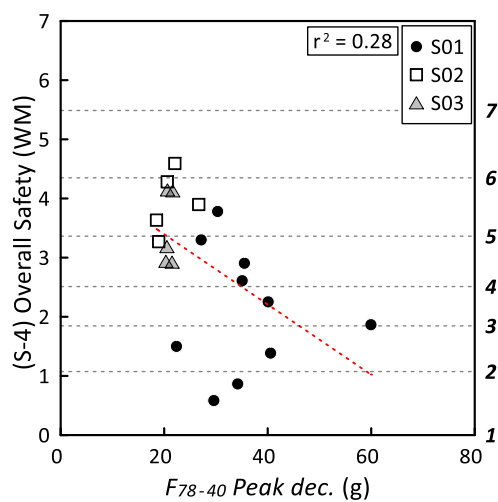
Fig. 3.11 Relations between safety evaluation scale (S-1 Safety in Ukemi) and measured indicators on hardness (Peak dec.)



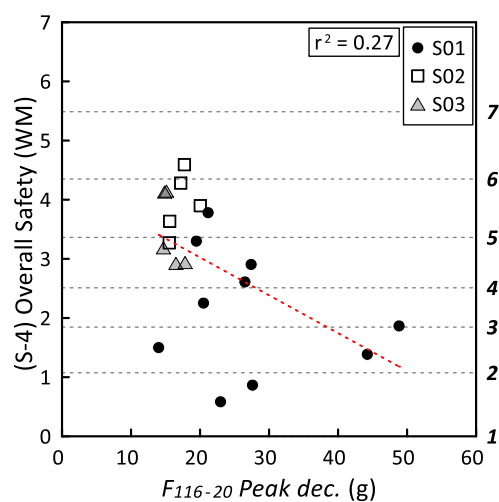
(14)



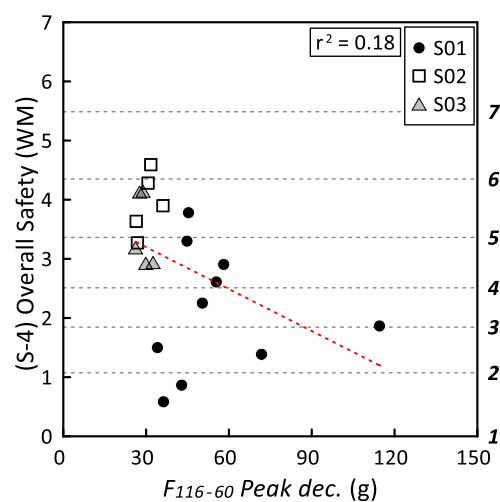
(15)



(16)

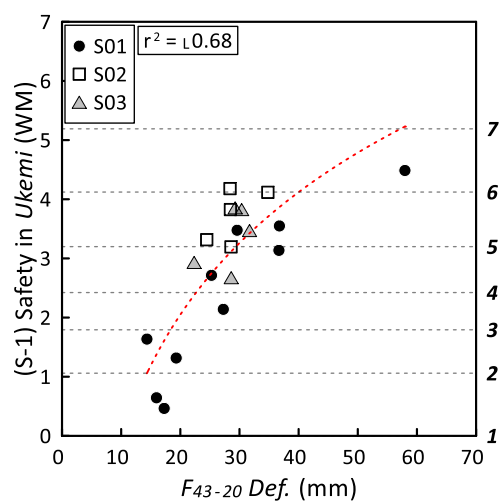


(17)

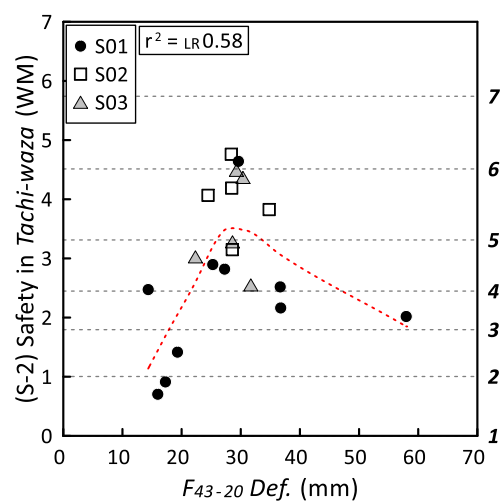


(18)

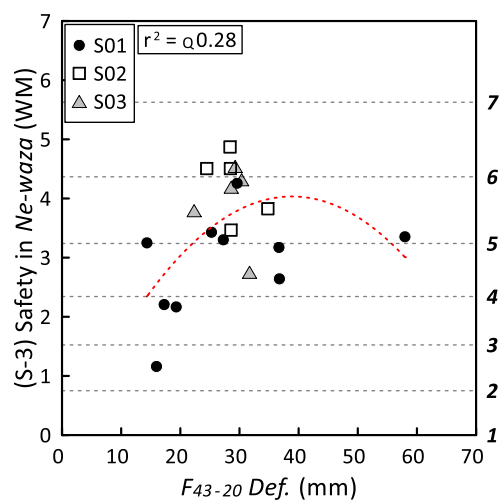
Fig. 3.12 Relations between safety evaluation scale (S-4 Overall Safety) and measured indicators on hardness (*Peak dec.*)



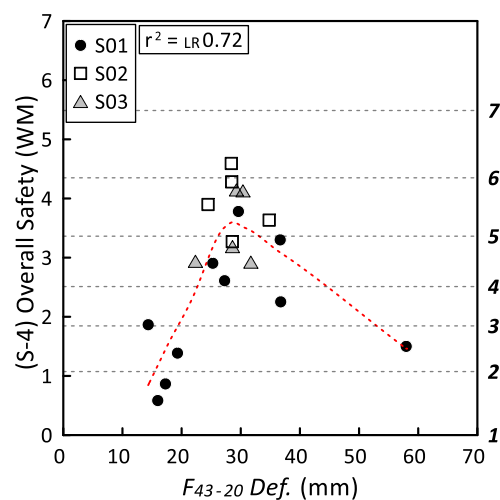
(19)



(20)

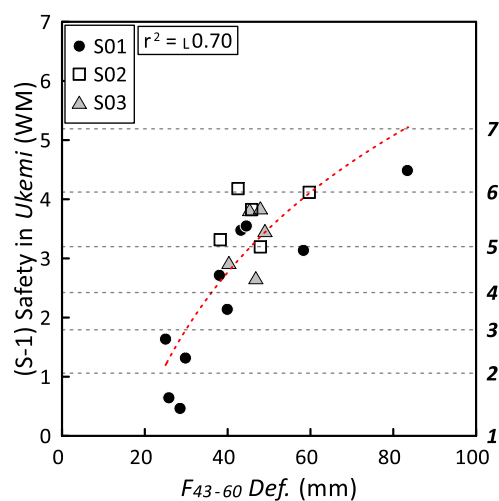


(21)

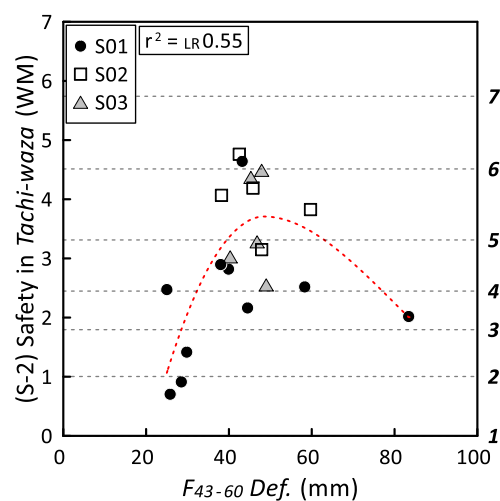


(22)

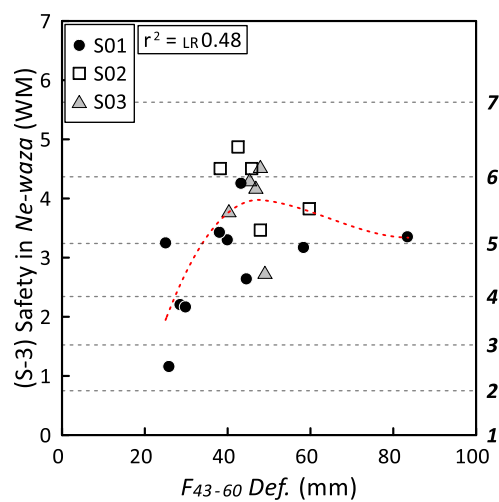
Fig. 3.13 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{43-20} Def.)



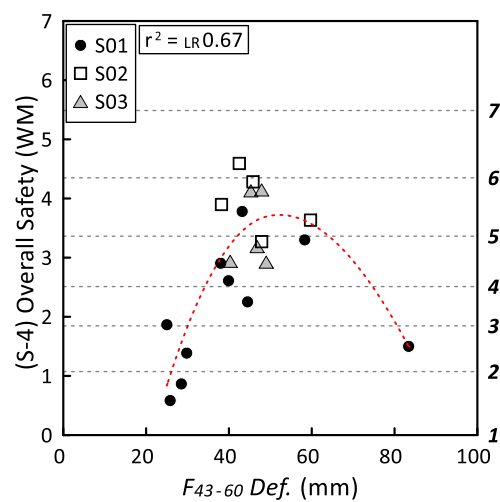
(23)



(24)

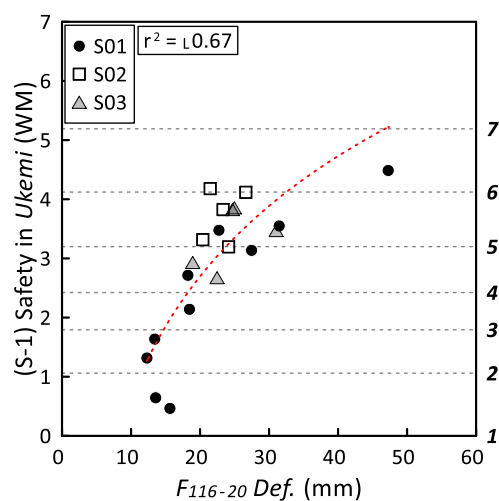


(25)

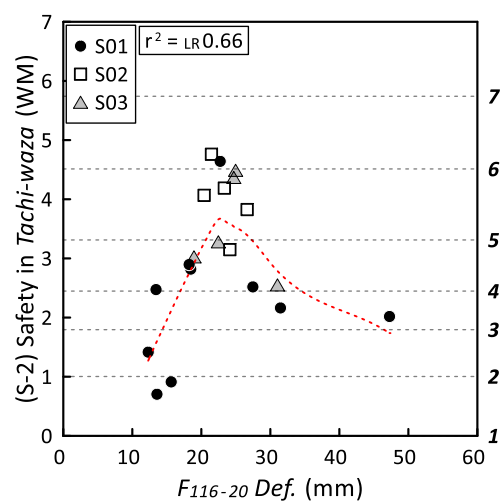


(26)

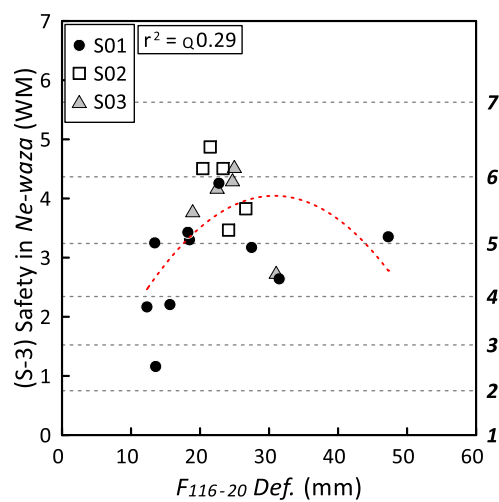
Fig. 3.14 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{43-60} Def.)



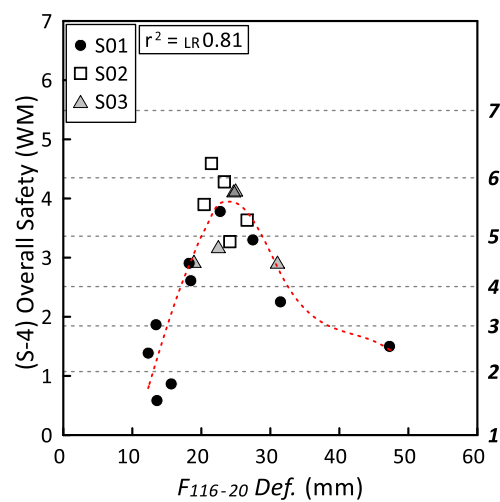
(27)



(28)

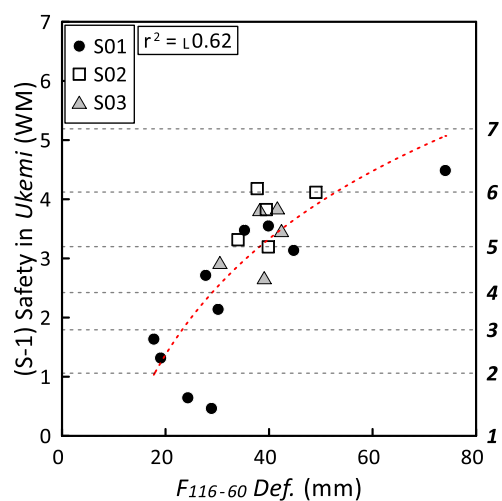


(29)

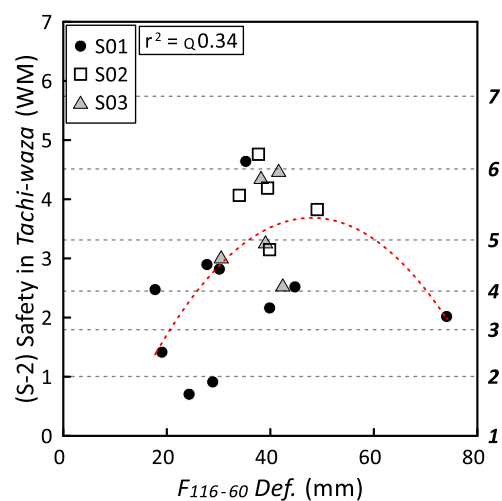


(30)

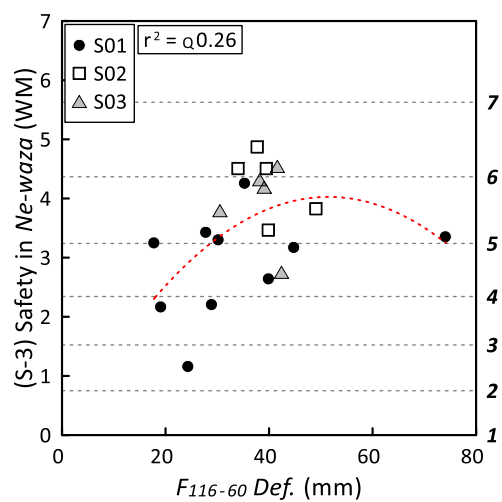
Fig. 3.15 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{116-20} Def.)



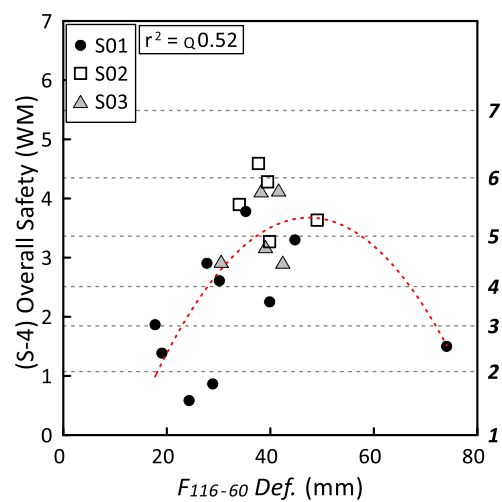
(31)



(32)

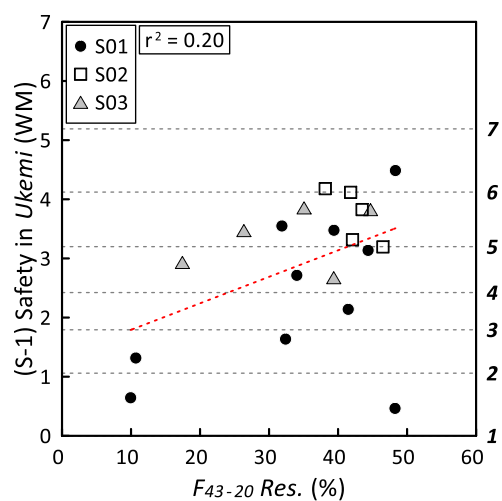


(33)

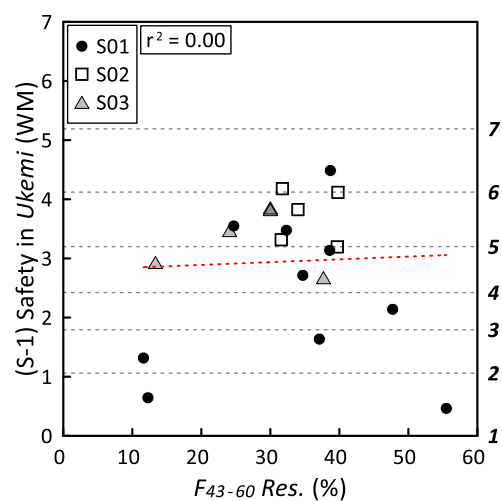


(34)

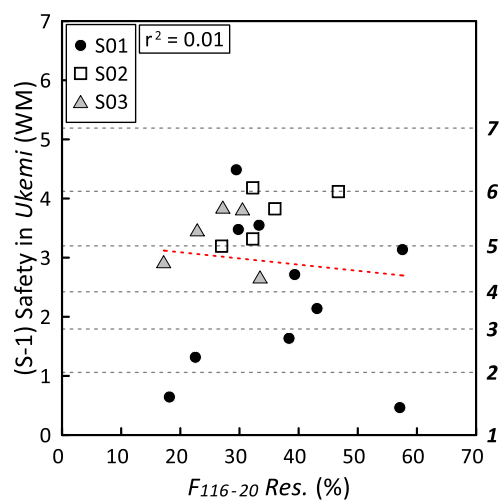
Fig. 3.16 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness ($F_{116-60} \text{ Def.}$)



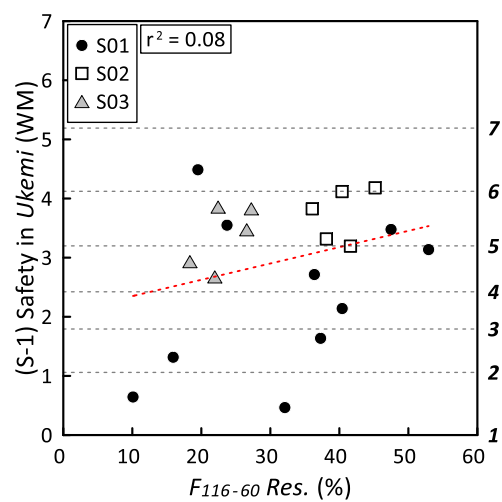
(35)



(36)

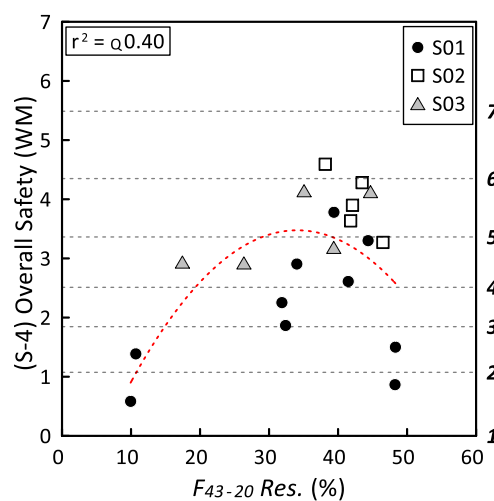


(37)

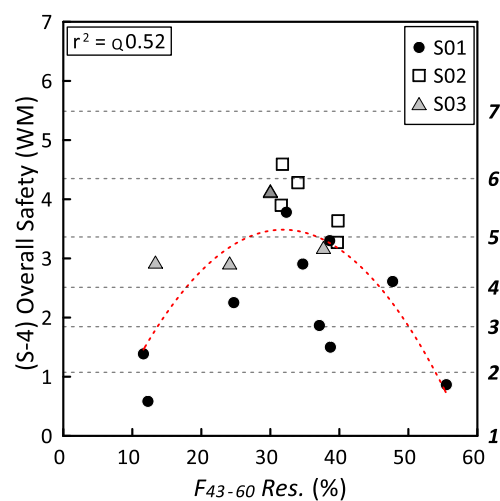


(38)

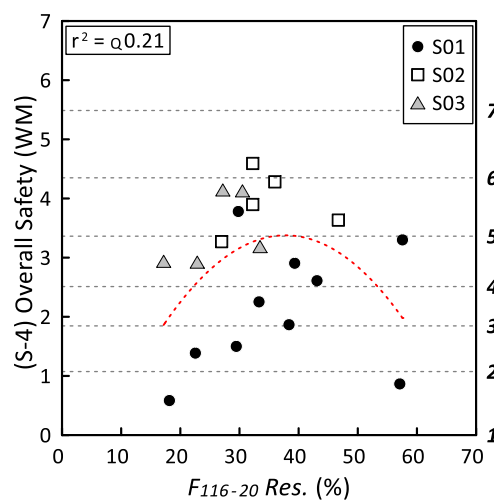
Fig. 3.17 Relations between safety evaluation scale (S-1 Safety in *Ukemi*) and measured indicators on hardness (*Res.*)



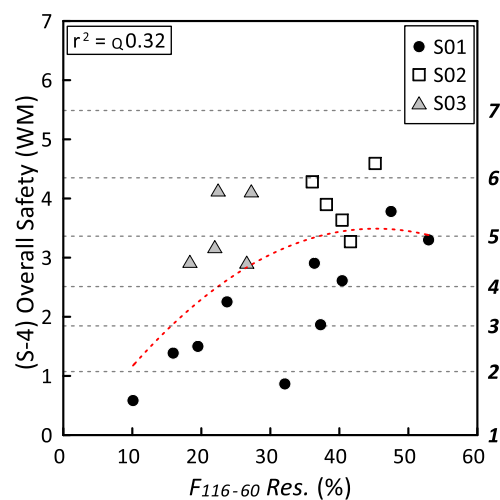
(39)



(40)

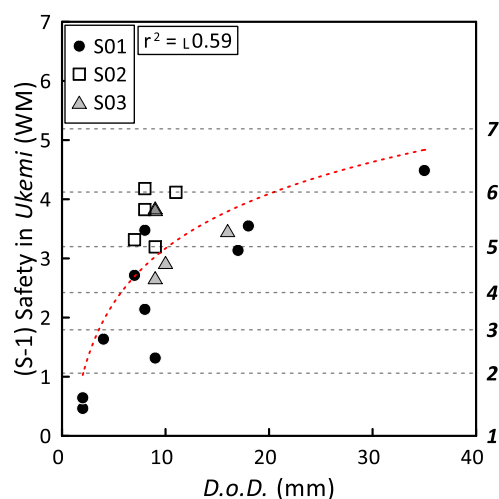


(41)

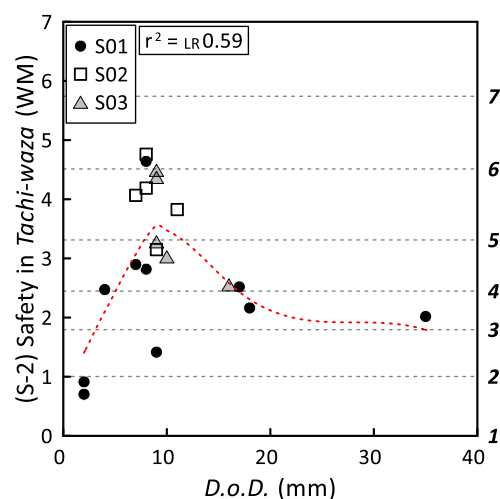


(42)

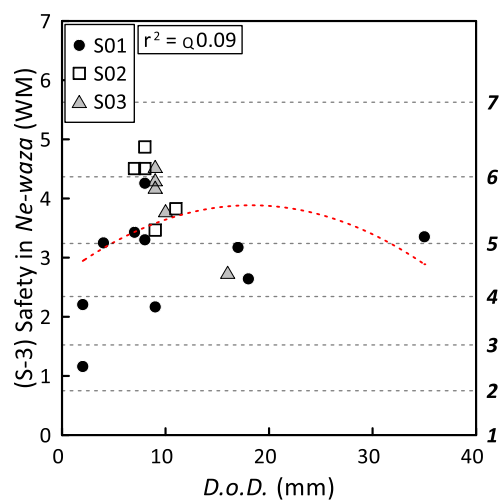
Fig. 3.18 Relations between safety evaluation scale (S-4 Overall Safety) and measured indicators on hardness (Res.)



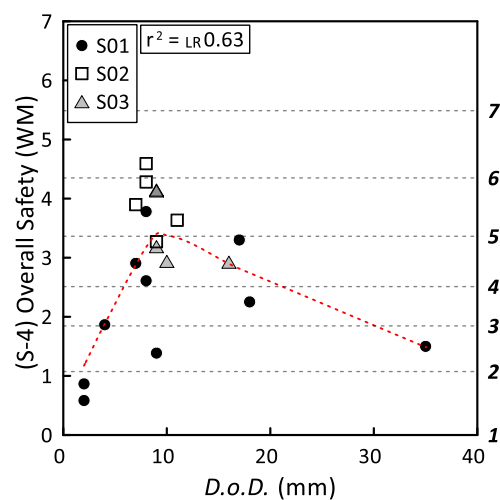
(43)



(44)



(45)



(46)

Fig. 3.19 Relations between safety evaluation scales and measured indicator on hardness (D.o.D.)

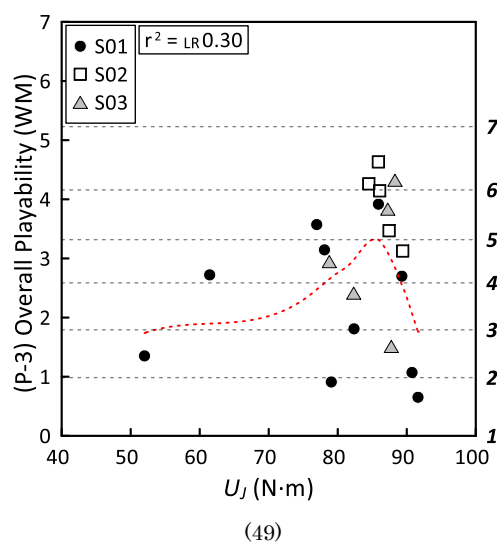
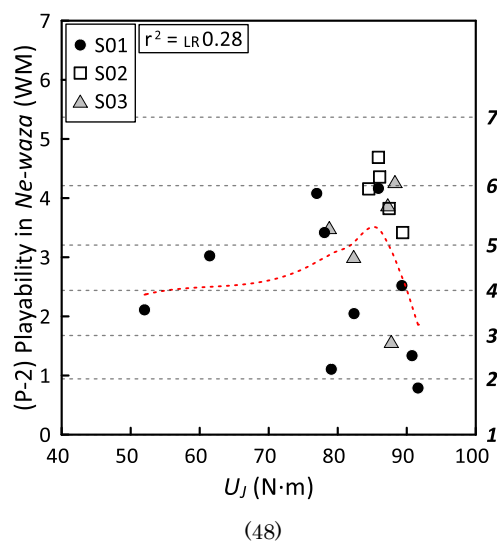
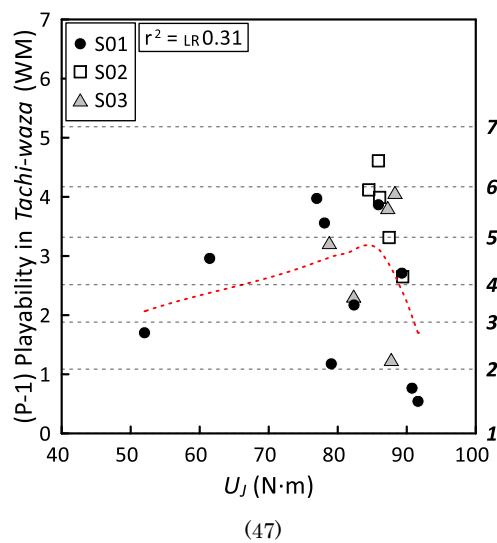


Fig. 3.20 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (U_J)

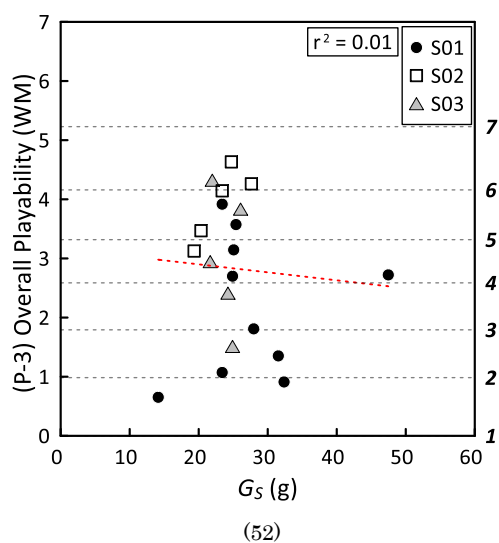
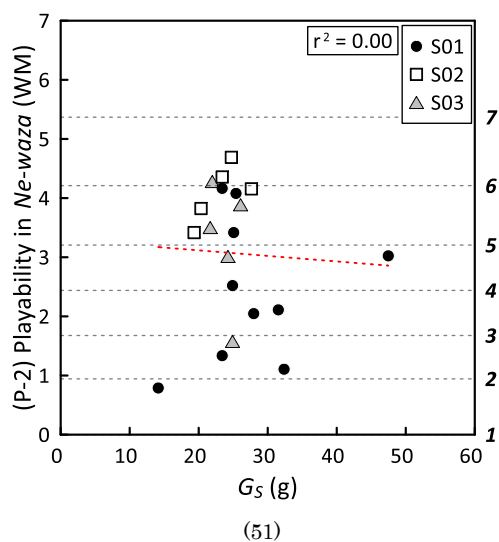
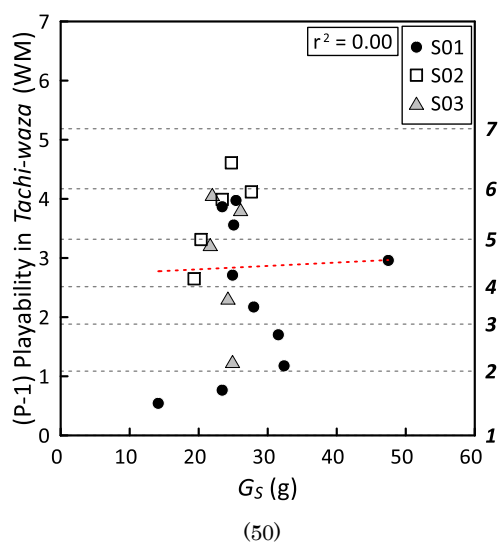
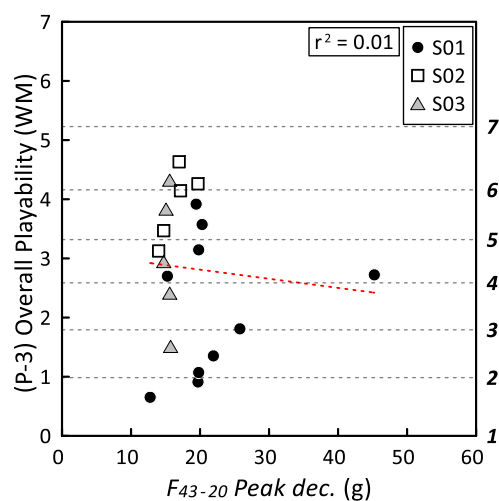
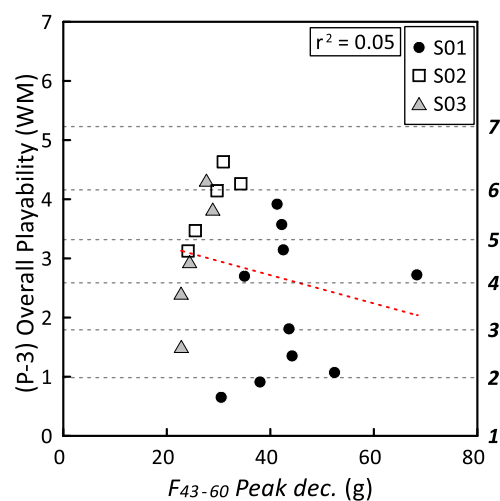


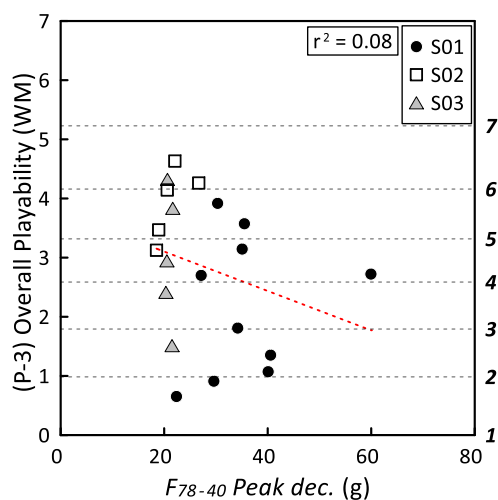
Fig. 3.21 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (G_s)



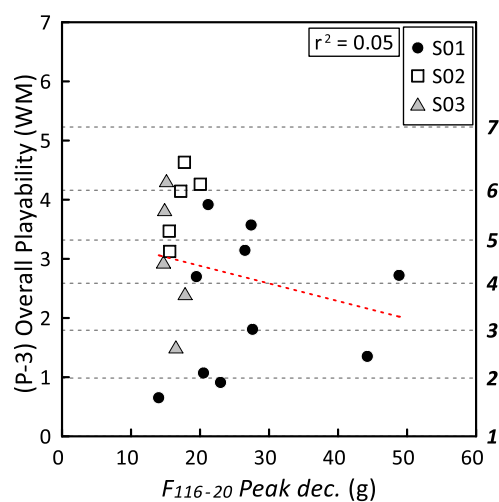
(53)



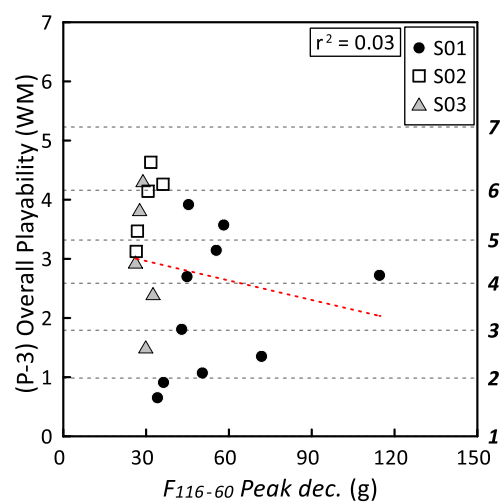
(54)



(55)

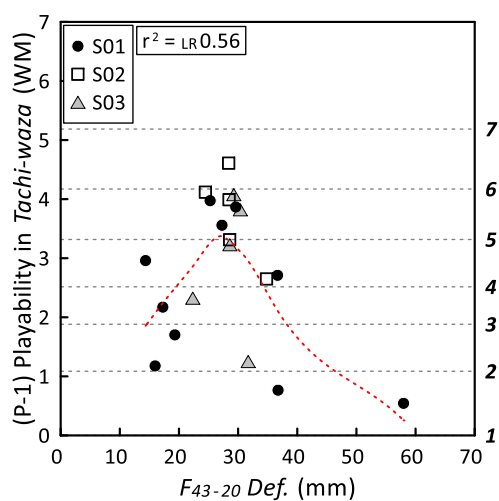


(56)

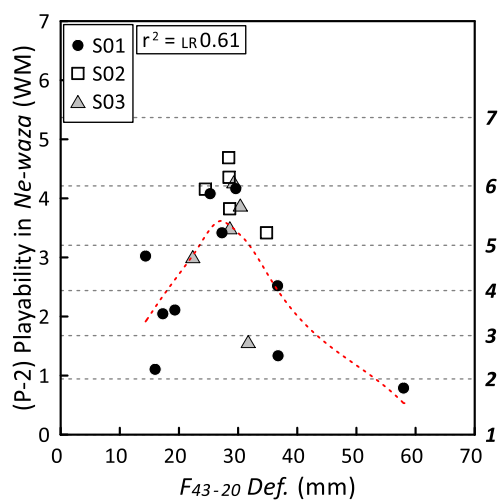


(57)

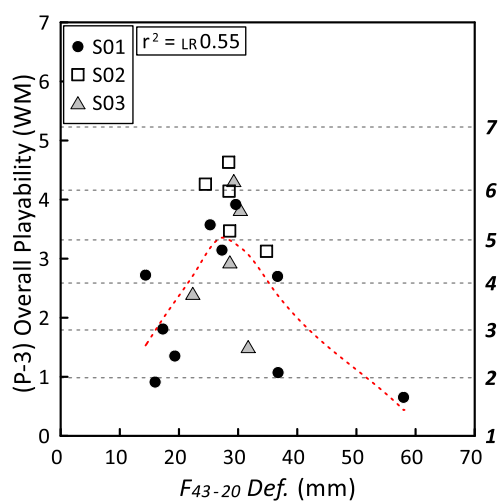
Fig. 3.22 Relations between playability evaluation scale (P-3 Overall Playability) and measured indicators on hardness (*Peak dec.*)



(58)



(59)



(60)

Fig. 3.23 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{43-20} Def.)

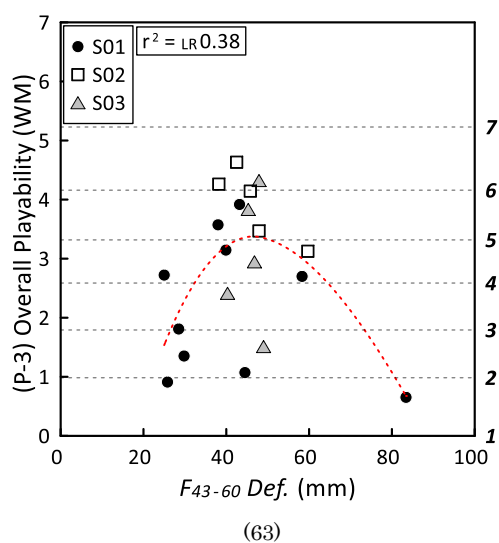
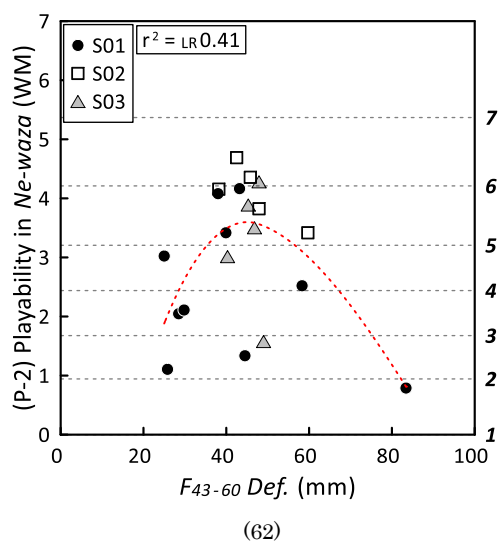
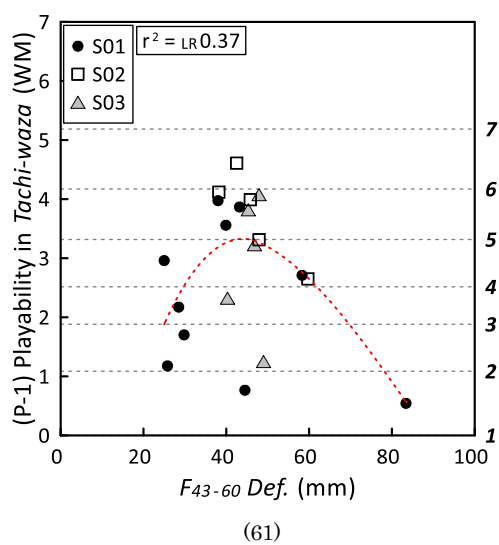


Fig. 3.24 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{43-60} Def.)

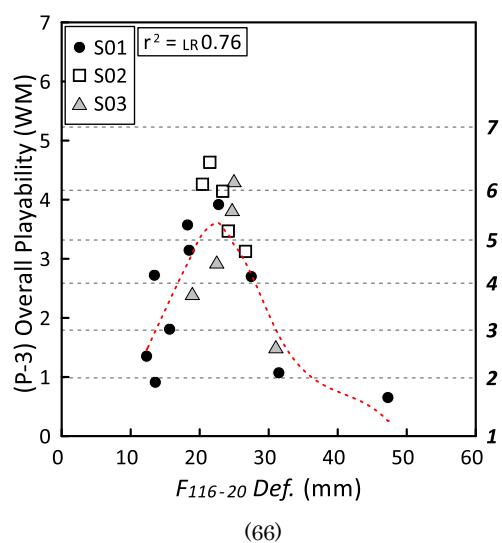
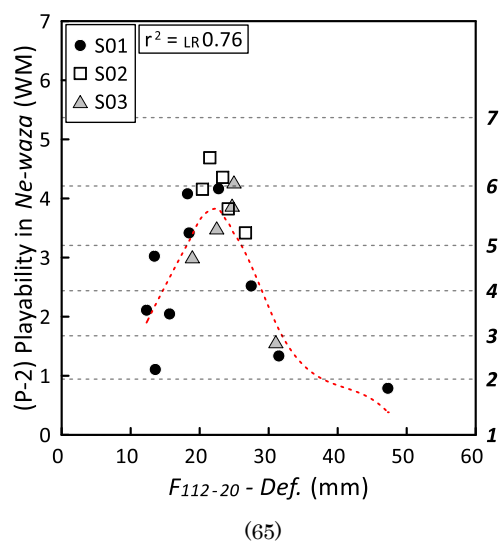
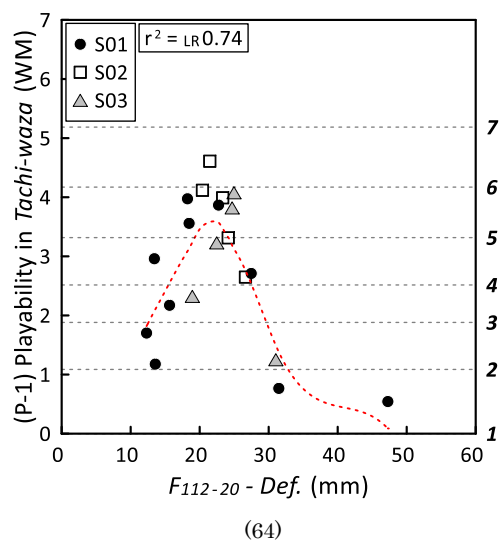
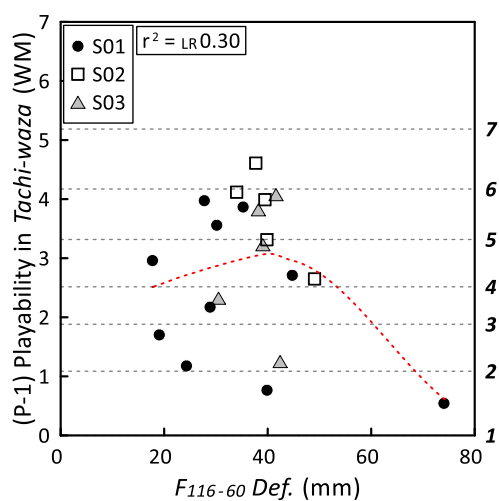
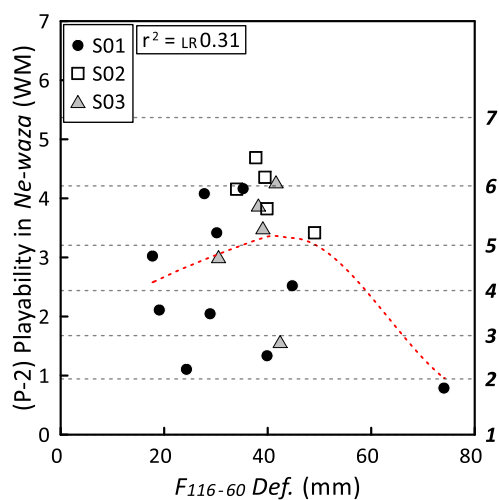


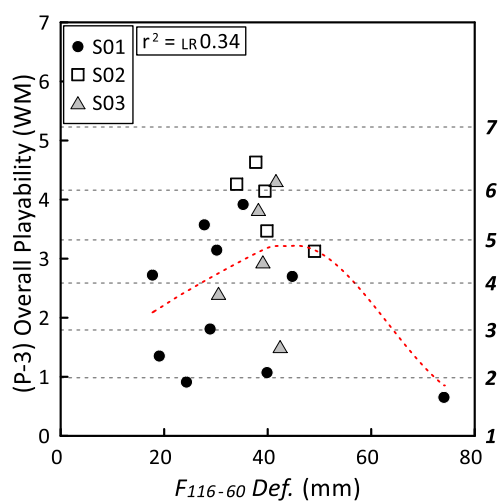
Fig. 3.25 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{116-20} Def.)



(67)



(68)



(69)

Fig. 3.26 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{116-60} Def.)

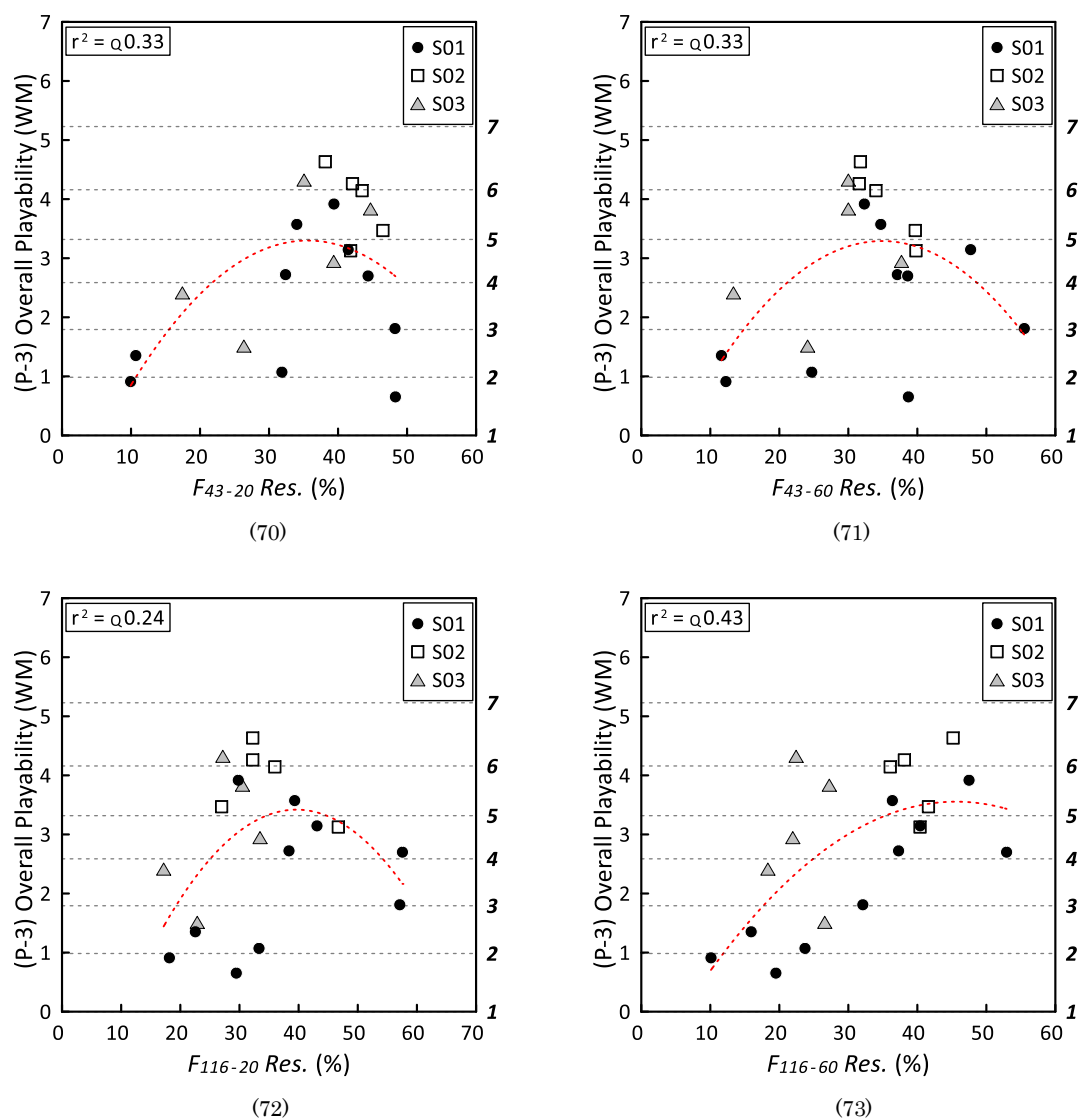
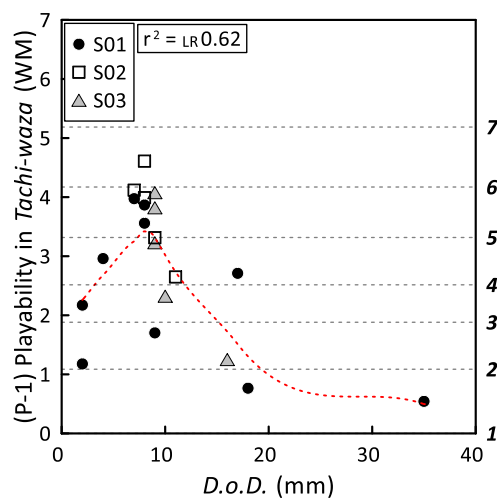
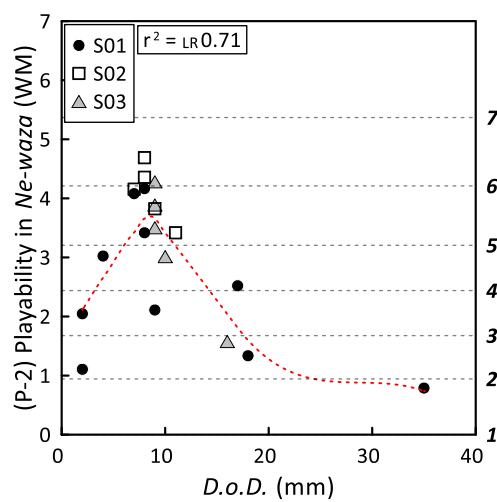


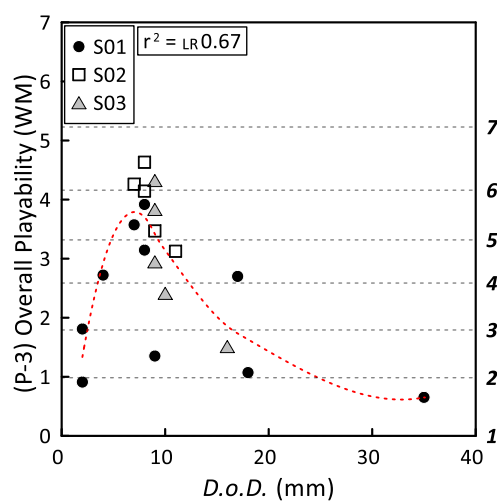
Fig. 3.27 Relations between playability evaluation scale (P-3 Overall Playability) and measured indicators on hardness (Res.)



(74)



(75)



(76)

Fig. 3.28 Relations between playability evaluation scales and measured indicator on hardness (*D.o.D.*)

3.4.1 安全性尺度と AJJF 試験による指標の関係に関する考察

(1) 安全性尺度と U_J の関係

Fig. 3.9 (1)～(4) に、安全性に関する 4 種尺度 (S-1～S-4) と U_J の関係を示す。

- i) Fig. 3.9 (1) : 受身安全性尺度 (S-1) と U_J の間には、 U_J が大きいほど安全性も高くなる傾向が認められ、 U_J により受身時の安全性の評価がおおむね可能であることがわかる。ただし、安全性の評価が低い 2 試験体に関しては、この傾向から外れることも明らかである。これら 2 種の試験体の場合、用いた畳試料の断面構成は、表層近くに合板がある一方で、その下方の中・下層はある程度の弾性・緩衝性を有する構成となっている。通常の市販品には、このような構成・特徴の柔道畳はあり得ないが、Fig. 3.9 (1) から、畳の表層がかたすぎる場合は、畳または床全体として U_J が大きくとも、受身時には安全とはいえないことがわかる。
- ii) Fig. 3.9 (2)～(4) : 立技 (S-2)・寝技 (S-3)・総合 (S-4) の 3 種安全性尺度と U_J の間には、さほど明瞭な相関は認められない。しかし、S-1 の場合と同様に、表層がかたい畳試料を用いている 2 種の試験体を除けば、3 尺度とも、尺度と U_J の間には山型の対応関係もうかがえる。

(2) 安全性尺度と G_s の関係

Fig. 3.10 (5)～(8) に、安全性に関する 4 種尺度 (S-1～S-4) と G_s の関係を示す。

- i) Fig. 3.10 (5) : 受身時の安全性尺度 (S-1) と G_s の間には、 G_s が小さいほど安全性は高くなる傾向が認められ、 G_s により受身時の安全性の評価がおおむね可能であることがわかる。ただし、 U_J の場合と同様に、畳の表層がかたすぎる場合はこの傾向から外れることも明らかである。
- ii) Fig. 3.10 (6)～(8) : S-2～S-4 の 3 種安全性尺度と G_s の間には、明瞭な相関は認められない。

3.4.2 安全性尺度と IJF 試験による指標の関係に関する考察

(1) 安全性尺度と *Peak dec.* の関係

i) 受身安全性尺度 (S-1) と *Peak dec.* の関係

Fig. 3.11 (9)～(13) に、受身安全性尺度 (S-1) と、測定条件の異なる 5 種の *Peak dec.* の関係を示す。いずれの図においても、S-1 と *Peak dec.* の間には、 G_s の場合と同様に、*Peak dec.* が小さいほど安全性は高くなる傾向が認められる。5 種の *Peak dec.* の中では、*F₁₁₆₋₂₀ Peak dec.* の相関がもっとも高く、 G_s と同程度の相関を示す。ただし、 G_s の場合と同様に、畳の表層がかたすぎる試験体は、対応関係から外れる傾向にある。

ii) 総合安全性尺度 (S-4) と *Peak dec.* の関係

Fig. 3.12 (14)～(18) に、総合安全性尺度 (S-4) と、測定条件の異なる 5 種の *Peak dec.* の関係を示す。S-4 と *Peak dec.*の間には、 G_S の場合と同様に、明瞭な相関は認められない。

(注記：第2章において安全性の3尺度 (S-2～S-4) 間の相関が高かったこと、また Fig. 3.9, Fig. 3.10においても S-2～S-4 のグラフが似た傾向を示したことから、本項では S-2, S-3 の尺度と *Peak dec.*の対応図の掲載は省略した)

(2) 安全性尺度と *Def.*の関係

Fig. 3.13 (19)～Fig. 3.16 (34) に、4 種の安全性尺度 (S-1～S-4) と、測定条件の異なる 4 種の *Def.*の関係を示す。

- i) 受身安全性尺度 (S-1) と *Def.*の関係 (Fig. (19), (23), (27), (31)) : いずれの図においても、S-1 と *Def.* は右上がりの明瞭な傾向を示し、*Def.*により受身安全性の評価がおおむね可能であることがわかる。
- ii) 立技安全性尺度 (S-2) と *Def.*の関係 (Fig. (20), (24), (28), (32)) : いずれの図においても、S-2 と *Def.* の間には山型の傾向が認められる。
- iii) 寝技安全性尺度 (S-3) と *Def.*の関係 (Fig. (21), (25), (29), (33)) : いずれの図においても、S-3 と *Def.* の間にはおおそ山型の傾向がうかがえる。ただし、S-2～S-4 の3尺度の中では、S-3 がもっとも *Def.*との相関が低い。
- iv) 総合安全性尺度 (S-4) と *Def.*の関係 (Fig. (22), (26), (30), (34)) : いずれの図においても、S-4 と *Def.* の間には山型の傾向が認められる。

(3) 安全性尺度と *Res.*の関係

i) 受身安全性尺度と *Res.*の関係

Fig. 3.17 (35)～(38) に、受身安全性尺度 (S-1) と 4 種の *Res.*の関係を示す。いずれの図においても、S-1 と *Res.*の間には明瞭な相関は認められない。

ii) 総合安全性尺度と *Res.*の関係

Fig. 3.18 (39)～(42) に、総合安全性尺度 (S-4) と 4 種の *Res.*の関係を示す。Fig. (39), (49)から、衝突モデル加撃部直径が 43mm の *Res.*に関しては、おおそ山型の相関がうかがえるが、加撃部直径 116mm の *Res.*に関しては、相関の程度は低い。

(4) 安全性尺度と *D.o.D.*の関係

Fig. 3.19 (43)～(46) に、安全性に関する 4 種尺度 (S-1～S-4) と *D.o.D.*の関係を示す。

- i) 受身安全性尺度 (S-1) と *D.o.D.*の関係 (Fig. (43)) : S-1 と *D.o.D.* はおおそ右上がりの傾向を示す。ただし、*D.o.D.*が 10mm あたりでの対応が不十分である。
- ii) 安全性尺度 (S-2) と *D.o.D.*の関係 (Fig. (44)) : S-2 と *D.o.D.* の間にはおおそ山型の傾向がうかがえるが、対応は十分とはいえない。

- iii) 寝技安全性尺度 (S-3) と *D.o.D.* の関係 (Fig. (45)) : S-3 と *D.o.D.* の間にはおおよそ山型の傾向がうかがえるが、対応は十分とはいえない。S-2～S-4 の 3 尺度の中では、S-3 がもっとも *D.o.D.* との相関が低い。
- iv) 総合安全性尺度 (S-4) と *D.o.D.* の関係 (Fig. (46)) : S-4 と *D.o.D.* の間にはおおよそ山型の傾向が認められる。ただし、*D.o.D.* が 10mm あたりでの対応が不十分である。

3.4.3 競技性尺度と AJJF 試験による指標の関係に関する考察

(1) 競技性尺度と U_f の関係

Fig. 3.20 (47)～(49) に、競技性に関する 3 種尺度 (P-1～P-3) と U_f の関係を示す。

立技 (P-1)・寝技 (P-2)・総合 (P-3) の 3 種競技性尺度と U_f の間には、おおよそ山型の傾向がうかがえるが、明瞭な対応ともいえない。

(2) 競技性尺度と G_s の関係

Fig. 3.21 (50)～(52) に、競技性に関する 3 種尺度 (P-1～P-3) と G_s の関係を示す。

立技 (P-1)・寝技 (P-2)・総合 (P-3) の 3 種競技性尺度と G_s の間には、相関は認められない。

3.4.4 競技性尺度と IJF 試験による指標の関係に関する考察

(1) 競技性尺度と *Peak dec.* の関係

Fig. 3.22 (53)～(57) に、総合競技性尺度 (P-3) と、測定条件の異なる 5 種の *Peak dec.* の関係を示す。いずれの図においても、P-3 と *Peak dec.* の間には、 G_s の場合と同様に、相関は認められない。

(注記：第2章において競技性の 3 尺度 (P-1～P-3) 間の相関が高かったこと、また Fig. 3.20, Fig. 3.21 においても P-1～P-3 のグラフが似た傾向を示したことから、本項では P-1, P-2 の尺度と *Peak dec.* の対応図の掲載は省略した)

(2) 競技性尺度と *Def.* の関係

Fig. 3.23 (58)～Fig. 3.26 (69) に、3 種の競技性尺度 (P-1～P-3) と、測定条件の異なる 4 種の *Def.* の関係を示す。

- i) 立技競技性尺度 (P-1) と *Def.* の関係 (Fig. (58), (61), (64), (67)) : いずれの図においても、P-1 と *Def.* の間には山型の傾向が認められる。試験条件としては、衝突モデルの落下高さが 20cm の *Def.* のほうが 60cm の *Def.* より、P-1 との相関が良い傾向にある。
- ii) 寝技競技性尺度 (P-2) と *Def.* の関係 (Fig. (59), (62), (65), (68)) : いずれの図においても、P-2 と *Def.* の間には、P-1 の場合と同様に、山型の傾向が認められる。衝突モデル

ルの落下高さについても、P-1 の場合と同様に、20cm の *Def.*のほうが60cm の *Def.*より、P-2 との相関が良い傾向にある。

- iii) 総合競技性尺度 (P-3) と *Def.*の関係 (Fig. (60), (63), (66), (69)) : いずれの図においても、P-3 と *Def.*の間には、山型の傾向が認められる。落下高さの影響も、P-1, P-2 の場合と同様であり、20cm の *Def.*のほうが60cm の *Def.*より、P-3 との相関が良い傾向にある。

(3) 競技性尺度と *Res.*の関係

Fig. 3.27 (70)~(73) に、総合競技性尺度 (P-3) と 4 種の *Res.*の関係を示す。いずれの図においても、P-3 と *Res.*の間に明瞭な相関は認められない。

(4) 競技性尺度と *D.o.D.*の関係

Fig. 3.28 (74)~(76) に、競技性に関する 3 種尺度 (P-1~P-3) と *D.o.D.*の関係を示す。いずれの図においても、競技性尺度と *D.o.D.*の間にはおおよそ山型の傾向がうかがえるが、対応は十分とはいえない。特に、*D.o.D.*が 10mm あたりでの対応が不十分である。

3.5 既往の試験方法・指標によるかたさ評価の妥当性に関する基礎的考察

前節までの考察結果を受けて、本節では、既往のかたさ試験方法・指標を用いる範囲において、安全性・競技性尺度との対応性の観点から、柔道場床のかたさ評価をどの程度、妥当におこなうのかについて、かたさの指標の選定・利用方法を含めて、考察することとした。なお、これまでの考察結果から、尺度の相関性および尺度内容の類似性の観点から、本節では、受身安全性 (S-1)、総合安全性 (S-4)、総合競技性 (P-3) の3尺度を対象として考察した。

(1) 受身安全性に関する考察

前節までの考察の結果、多くのかたさ指標において、表層のかたい 2 試験体が受身安全性尺度 (S-1) と指標の全体的な対応関係から外れる傾向が明らかとなった。

このことは、既往のかたさ指標については、中・下層が柔らかい場合、表層がかたすぎて受身に不適な床・畳を検出・評価することが容易ではない指標が多いことを示唆している。

本研究で対象とした既往のかたさ指標の中では、表層かたさと関係が深い指標は Fig. 3.29 (I) に示す、局部変形性を示す $D.o.D.$ と想定できる。図中、 $D.o.D.$ が小さい 2 試験体 (赤☆で表示) は、S-1 の尺度値も小さい。

検討の結果、Fig. 3.29 (III), (IV) に示したように、まず $D.o.D.$ を用い、 $D.o.D.$ が 3mm 以下の試験体を除いた後であれば、指標 U_J , G_S により受身安全性を評価できると考える。

IJF の試験方法に関しては、Fig. 3.30 に示したように、受身時の動的荷重を反映した AJJF の測定条件「 U_J 」にもっとも近い動的荷重を床に負荷できる測定条件は「 F_{116-60} 」である。そこで、IJF の指標を用いる場合は、Fig. 3.29 (II) に示した $F_{116-60} Def.$ により受身安全性を評価すべきと考える。

(2) 総合安全性に関する考察

本研究で対象とした既往のかたさ指標の中では、Fig. 3.29 (V) に示した $F_{116-20} Def.$ により総合安全性 (S-4) をおおむね評価できると考える。

ちなみに、Fig. 3.30 から、測定条件「 F_{116-20} 」は競技者の体重の 2~4 倍程度の荷重を床に負荷させる条件と想定できる。

(3) 総合競技性に関する考察

本研究で対象とした既往のかたさ指標の中では、Fig. 3.29 (VI) に示した $F_{116-20} Def.$ により総合競技性 (P-3) をおおむね評価できると考える。

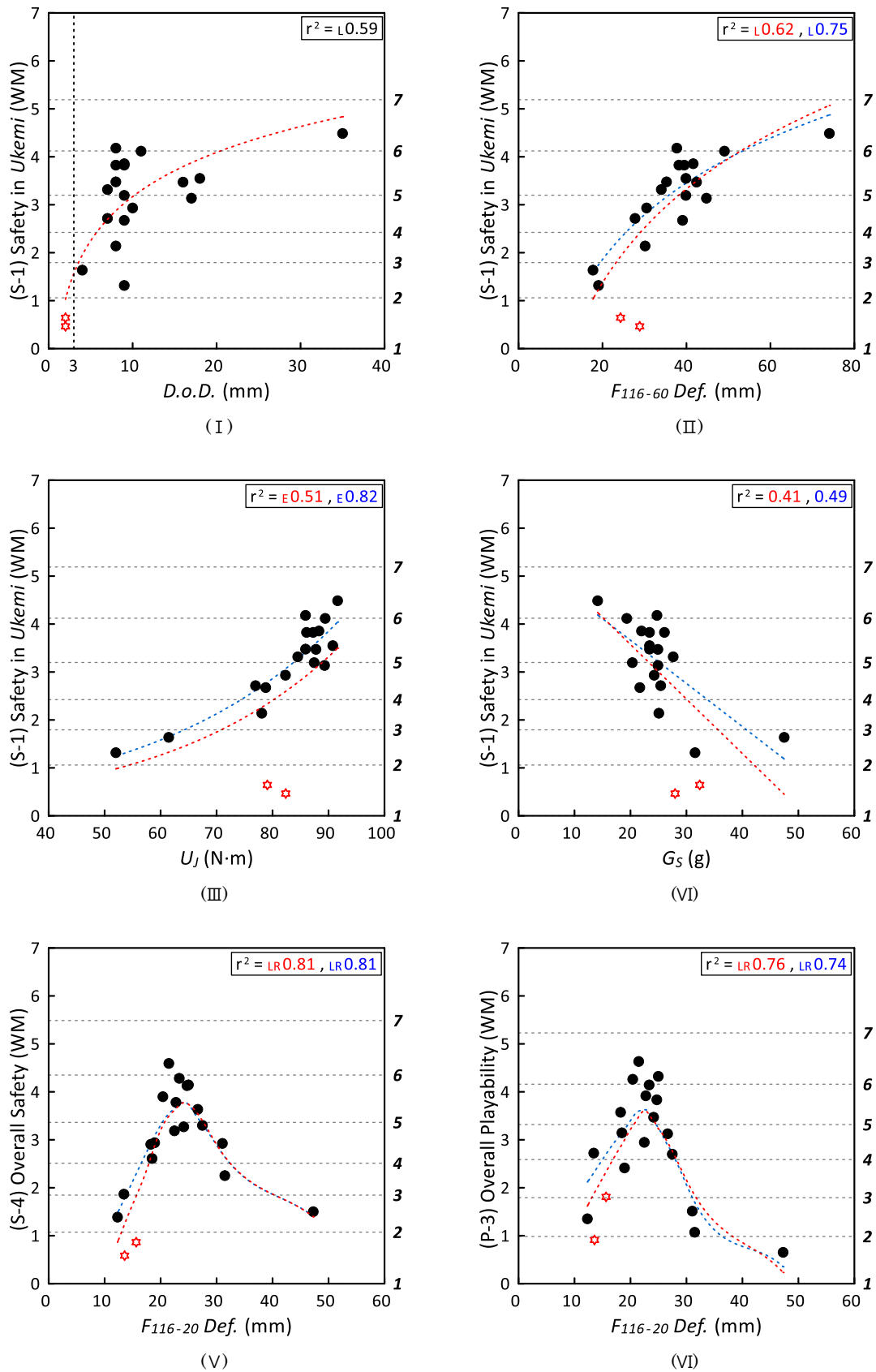


Fig. 3.29 Relations between evaluation scales (S-1, S-4, P-3) and measured indicators on hardness (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

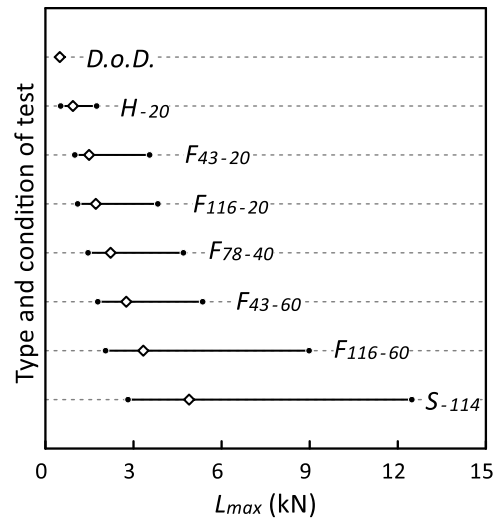


Fig. 3.30 Maximum load in each indicator measurement

3.6 結論

本章では、第2章で構成した安全性・競技性の心理学的尺度との対応性の観点から、既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の妥当性に関し、基礎的考察をおこなった。

考察の結果、以下の結論を得た。

(1) 既往のかたさ指標間の関係について

- i) AJJF 試験から得られる変形エネルギー U_I と最大加速度 G_s の間には負の相関が認められるが、対応関係から外れる床もあり、どちらか一方で他方を代替はできない。本研究の範囲で U_I と相関の高い指標は、IJF 試験から得られる最大減速度 $F_{116-20} \text{ Peak dec.}$ であり、両者は負の相関関係にある。 G_s と相関の高い指標は $F_{116-20} \text{ Peak dec.}$ であり、両者は正の相関関係にある。
- ii) IJF 試験から得られる最大減速度 Peak dec. 間、および最大変形 Def. 間の相関は高い。一方、運動エネルギー比 Res. 間の相関は相対的に低い。局部変形性を示す $D.o.D.$ は Def. と正の相関を示す。 $D.o.D.$ と Def. の関係を除き、IJF 試験から得られる、種類の異なる指標間の相関は低い。

(2) かたさ評価尺度と既往の指標の関係について

iii) 受身安全性 (S-1) について

AJJF 試験から得られる指標に関しては、 U_I が受身安全性尺度と正の相関を示し、 G_s は負の相関を示す。ただし、表層が一般の柔道床・畳よりかたい場合は、相関関係から外れる傾向を示す。

本研究の範囲では、局部変形性の指標 $D.o.D.$ により、表層がかたい床・畳の検出が可能であり、 $D.o.D.$ の許容値を適切に設定すれば、 U_I および G_s により受身安全性を評価できる可能性がある。

IJF 試験から得られる指標の中では、適切な測定条件における最大変形 Def. により受身安全性を評価できる可能性がある。

iv) 総合安全性 (S-4) について

既往のかたさ指標の中では、適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 Def. により総合安全性を評価できる可能性がある。

v) 総合競技性 (P-3) について

既往のかたさ指標の中では、適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 Def. により総合競技性を評価できる可能性がある。

第 4 章
安全性および競技性からみた
柔道場床のかたさ評価尺度の構成

4.1 目的と方法

本章では、第2章の結果を受けて、より広い検査場を関東の強豪大学の構内に設け、同大学の男女柔道部員を検査員として、安全性および競技性の観点からより本格的な床のかたさの評価尺度を構成することを目的とした。

4.2 検査の概要

(1) 検査項目の設定および検査手法の選定

検査の概要を Table 4.1 に示す。

検査項目・内容および検査手法は、第2章の検査と同様とした。構成する尺度は、安全性に関する4尺度、競技性に関する3尺度、計7尺度である。

(2) 検査員の選定

検査員は、Table 4.2 に示す東海大学柔道部の男子部員10名および女子部員10名、計20名とした。検査員の身長・体重・段位はTable 4.2 に示したとおりである。

(3) 試験体の選定および検査場の設定

検査に用いた試験体は、第2章の試験体と同じ20体とした。

検査場に関しては、前節の検査で検査員から得た意見を反映させ、Fig. 4.1, Photo 4.1 に示すように、柔道畳14畳の広さに拡張した。検査場は東海大学構内の実験室内に設けた。

Table 4.1 Summary of sensory tests (main test)

Test items (composed scales)	Evaluation items on Safety		Evaluation items on Playability	
	(S-1) Safety in <i>Ukemi</i> (S-2) Safety in <i>Tachi-waza</i> (S-3) Safety in <i>Ne-waza</i> (S-4) Overall safety		(P-1) Playability in <i>Tachi-waza</i> (P-2) Playability in <i>Ne-waza</i> (P-3) Overall playability	
Test method	The method of successive categories (seven categories, absolute judgment)			
Questions and answer categories	(S-1) How is the Safety in <i>Ukemi</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe	(S-2) How is the Safety in <i>Tachi-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe	(S-3) How is the Safety in <i>Ne-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe	(S-4) How is the Overall Safety of this floor sample regarding hardness? 1. Very dangerous 2. Dangerous 3. Slightly dangerous 4. Neutral 5. Slightly safe 6. Safe 7. Very safe
	(P-1) How is the Playability in <i>Tachi-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very unplayable 2. Unplayable 3. Slightly unplayable 4. Neutral 5. Slightly playable 6. Playable 7. Very playable	(P-2) How is the Playability in <i>Ne-waza</i> of this floor sample regarding hardness? 1. Very unplayable 2. Unplayable 3. Slightly unplayable 4. Neutral 5. Slightly playable 6. Playable 7. Very playable	(P-3) How is the Overall Playability of this floor sample regarding hardness? 1. Very unplayable 2. Unplayable 3. Slightly unplayable 4. Neutral 5. Slightly playable 6. Playable 7. Very playable	
Athletes' motion during tests	Free motion assuming the situation of each test item			
Panel member	10 male and 10 Female athletes of Tokai University Judo Club			
Test area	Area of 14 tatami mats (2 x 7 mats)			
Floor samples	W450 x L450 x H230 mm, 20 samples (N01~N20) = Tatami (H90 mm) : 16 types (J01~J16) + Subfloor (H140 mm) : 3 types (S01~S03)			
Test site & period	Tokai university campus, February 2017			

Table 4.2 List of panel members

Male members				Female members			
No.	Height (cm)	Weight (kg)	Rank (<i>Dan</i>)	No.	Height (cm)	Weight (kg)	Rank (<i>Dan</i>)
TM01	165	70	3	TW01	150	48	3
TM02	174	75	3	TW02	155	54	2
TM03	165	77	3	TW03	160	57	2
TM04	172	81	3	TW04	158	67	2
TM05	175	83	2	TW05	165	68	3
TM06	170	84	3	TW06	167	70	3
TM07	170	90	2	TW07	166	78	3
TM08	179	94	3	TW08	176	78	3
TM09	176	115	3	TW09	171	108	3
TM10	180	130	3	TW10	159	111	2

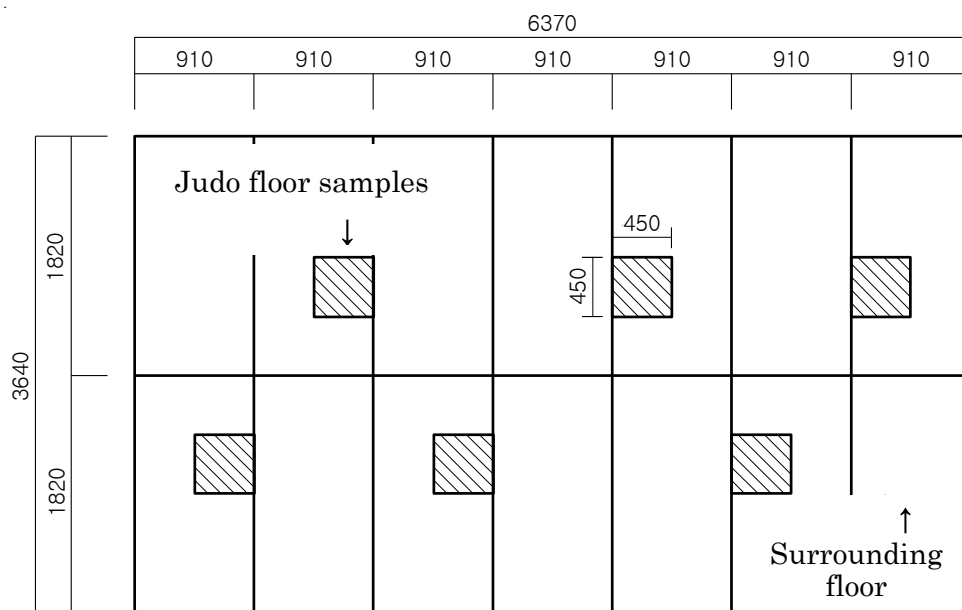


Fig. 4.1 Set-up of test area and placement of Judo floor samples

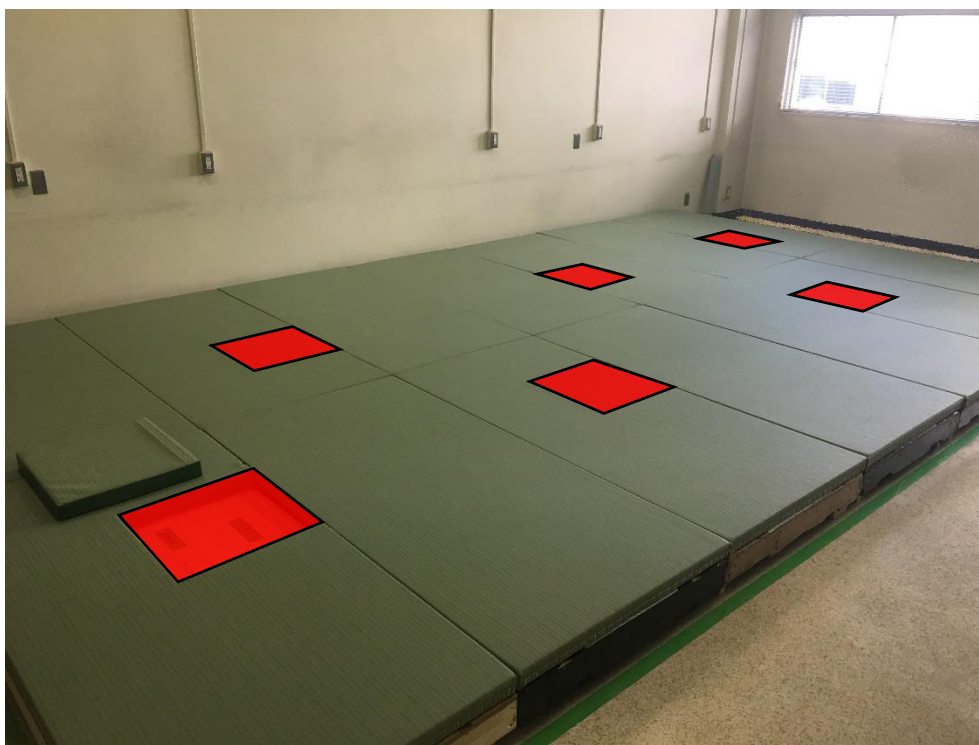


Photo 4.1 Set-up of test area and placement of Judo floor samples

4.3 検査の経過・結果

(1) 検査の経過

検査の実施状況を Photo 4.2 に示す。

検査における検査員への説明の要領は、第2章の検査と同様である。検査員1名あたりの検査に要した時間は、説明と休憩の時間を含み、120分前後であった。検査場が広くなったため、検査に要する時間は若干長くなった。検査中において身体の疲労や倦怠を訴える検査員はいなかった。

(2) 検査結果および有意性の検定

検査の結果得られた基礎データの統計的有意性を分散分析により検定した。検定結果を Table 4.3 (1), (2) に示す。表から、男女ともに、いずれの検査項目に関しても、試験体の評価に関する分散比は危険率 5% で有意であり、試験体の寄与率も個人差のそれに比較して大きいことがわかる。これらの結果の傾向は、第2章の検査結果と同様であった。

(3) 心理学的尺度の構成

検査の結果得られた基礎データから、系列範ちゅう法の尺度構成方法に従い、男女別に、安全性に関する4尺度、競技性に関する3尺度、計7尺度を構成した。

尺度の構成結果として、尺度間の決定係数 (r^2) を、以降の Table 4.4, 4.6, 4.8, 4.10 に示す。また、尺度間の代表的な対応関係を、散布図として Fig. 4.2~4.11 に示す。Table 4.5, 4.7, 4.9, 4.11 には、Fig. 4.2~4.11 における、各図の図番号（記号）の一覧を示した。



Photo 4.2 Scene of the sensory test (main test)

Table 4.3 (1) Analysis of variance table (male)

		(S-1) Safety in <i>Ukemi</i>	(S-2) Safety in <i>Tachi-waza</i>	(S-3) Safety in <i>Ne-waza</i>	(S-4) Overall Safety
Variance ratio	Main effect	18.6*	10.7*	8.8*	12.9*
	Individual Variation	4.5	3.9	5.9	3.7
Contribution	Main effect	59%	45%	38%	50%
	Individual Variation	6%	6%	11%	5%
		(P-1) Playability in <i>Tachi-waza</i>	(P-2) Playability in <i>Ne-waza</i>	(P-3) Overall Playability	
Variance ratio	Main effect	8.1*	9.0*	11.9*	
	Individual Variation	3.1	1.8	2.4	
Contribution	Main effect	38%	42%	50%	
	Individual Variation	5%	2%	3%	

* Significant at $p < 0.05$

Table 4.3 (2) Analysis of variance table (female)

		(S-1) Safety in <i>Ukemi</i>	(S-2) Safety in <i>Tachi-waza</i>	(S-3) Safety in <i>Ne-waza</i>	(S-4) Overall Safety
Variance ratio	Main effect	12.6*	14.3*	11.1*	11.9*
	Individual Variation	4.4	3.2	2.5	3.6
Contribution	Main effect	49%	64%	47%	48%
	Individual Variation	7%	4%	3%	6%
		(P-1) Playability in <i>Tachi-waza</i>	(P-2) Playability in <i>Ne-waza</i>	(P-3) Overall Playability	
Variance ratio	Main effect	12.1*	12.8*	15.9*	
	Individual Variation	2.1	2.1	1.7	
Contribution	Main effect	50%	52%	58%	
	Individual Variation	2%	2%	1%	

* Significant at $p < 0.05$

Table 4.4 (1) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (male)

	S-1	S-2	S-3	S-4
S-4	0.29	0.91	0.87	1
S-3	0.23	0.81	1	
S-2	0.27	1		
S-1	1			

Table 4.4 (2) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (male)

	P-1	P-2	P-3
P-3	0.90	0.95	1
P-2	0.87	1	
P-1	1		

Table 4.4 (3) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (male)

	S-1	S-2	S-3	S-4
P-1	0.01	0.63	0.75	0.68
P-2	0.11	0.84	0.82	0.83
P-3	0.10	0.84	0.80	0.86

Table 4.5 (1) List of graphs of the evaluation scales (male)

	S-1	S-2	S-3	S-4
S-4	(a)	(b)	(c)	
S-3	(d)	(e)		
S-2	(f)			
S-1				

Table 4.5 (2) List of graphs of the evaluation scales (male)

	P-1	P-2	P-3
P-3	(g)	(h)	
P-2	(i)		
P-1			

Table 4.5 (3) List of graphs of the evaluation scales (male)

	S-1	S-2	S-3	S-4
P-1		(j)		
P-2			(k)	
P-3				(l)

note : (a) ~ (l) are the names of graphs in Fig. 4.2 ~ Fig. 4.4

Table 4.6 (1) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (female)

	S-1	S-2	S-3	S-4
S-4	0.60	0.98	0.94	1
S-3	0.62	0.95	1	
S-2	0.53	1		
S-1	1			

Table 4.6 (2) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (female)

	P-1	P-2	P-3
P-3	0.96	0.98	1
P-2	0.97	1	
P-1	1		

Table 4.6 (3) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (female)

	S-1	S-2	S-3	S-4
P-1	0.23	0.87	0.78	0.82
P-2	0.29	0.92	0.85	0.86
P-3	0.32	0.94	0.85	0.89

Table 4.7 (1) List of graphs of the evaluation scales (female)

	S-1	S-2	S-3	S-4
S-4	(m)	(n)	(o)	
S-3	(p)	(q)		
S-2	(r)			
S-1				

Table 4.7 (2) List of graphs of the evaluation scales (female)

	P-1	P-2	P-3
P-3	(s)	(t)	
P-2	(u)		
P-1			

Table 4.7 (3) List of graphs of the evaluation scales (female)

	S-1	S-2	S-3	S-4
P-1		(v)		
P-2			(w)	
P-3				(x)

note : (m) ~ (x) are the names of graphs in Fig. 4.5 ~ Fig. 4.7

Table 4.8 (1) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (male vs. female)

	S-1 (TM)	S-2 (TM)	S-3 (TM)	S-4 (TM)
S-1 (TW)	0.82	0.50	0.45	0.54
S-2 (TW)	0.22	0.90	0.81	0.91
S-3 (TW)	0.31	0.89	0.87	0.90
S-4 (TW)	0.29	0.90	0.84	0.94

Table 4.8 (2) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (male vs. female)

	P-1 (TM)	P-2 (TM)	P-3 (TM)
P-1 (TW)	0.87	0.86	0.89
P-2 (TW)	0.84	0.89	0.91
P-3 (TW)	0.80	0.88	0.90

Table 4.9 (1) List of graphs of the evaluation scales
(male vs. female)

	S-1 (TM)	S-2 (TM)	S-3 (TM)	S-4 (TM)
S-1 (TW)	(I)			
S-2 (TW)		(II)		
S-3 (TW)			(III)	
S-4 (TW)				(IV)

Table 4.9 (2) List of graphs of the evaluation scales
(male vs. female)

	P-1 (TM)	P-2 (TM)	P-3 (TM)
P-1 (TW)	(V)		
P-2 (TW)		(VI)	
P-3 (TW)			(VII)

note : (I) ~ (VII) are the names of graphs in Fig. 4.8 and Fig. 4.9

Table 4.10 (1) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (main test vs. pre-test) (male)

	S-1 (TM)	S-2 (TM)	S-3 (TM)	S-4 (TM)
S-1 (WM)	0.83	0.42	0.33	0.41
S-2 (WM)	0.29	0.84	0.71	0.78
S-3 (WM)	0.34	0.78	0.81	0.73
S-4 (WM)	0.33	0.89	0.77	0.90

Table 4.10 (2) Coefficients of determination (r^2)
between the evaluation scales (main test vs. pre-test) (male)

	P-1 (TM)	P-2 (TM)	P-3 (TM)
P-1 (WM)	0.90	0.84	0.83
P-2 (WM)	0.87	0.85	0.86
P-3 (WM)	0.85	0.83	0.85

Table 4.11 (1) List of graphs of the evaluation scales
(main test vs. pre-test) (male)

	S-1 (TM)	S-2 (TM)	S-3 (TM)	S-4 (TM)
S-1 (WM)	(i)			
S-2 (WM)		(ii)		
S-3 (WM)			(iii)	
S-4 (WM)				(iv)

Table 4.11 (2) List of graphs of the evaluation scales
(main test vs. pre-test) (male)

	P-1 (TM)	P-2 (TM)	P-3 (TM)
P-1 (WM)	(v)		
P-2 (WM)		(vi)	
P-3 (WM)			(vii)

note : (i) ~ (vii) are the names of graphs in Fig. 4.10 and Fig. 4.11

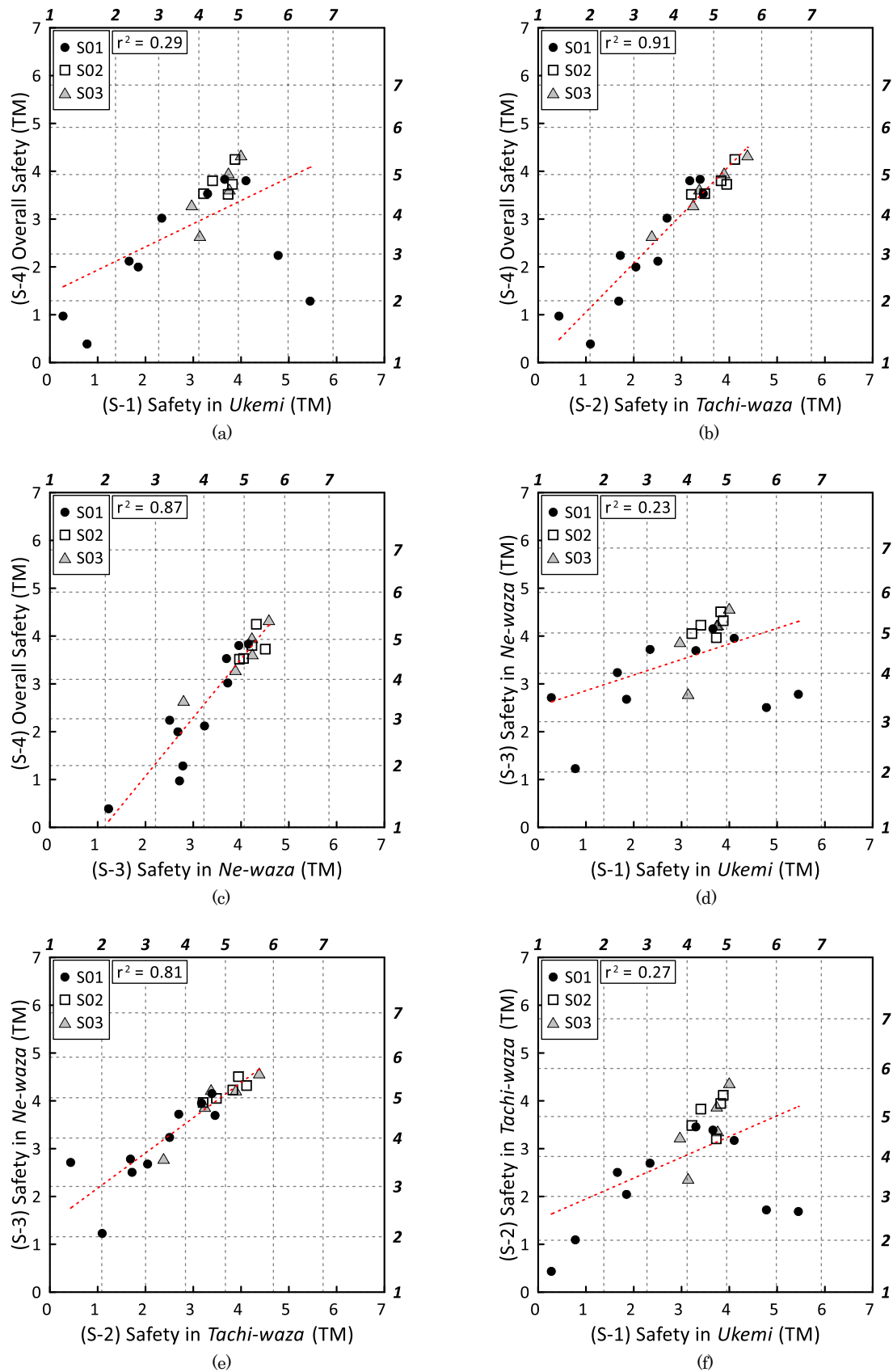


Fig. 4.2 Relations between the evaluation scales of safety (male)

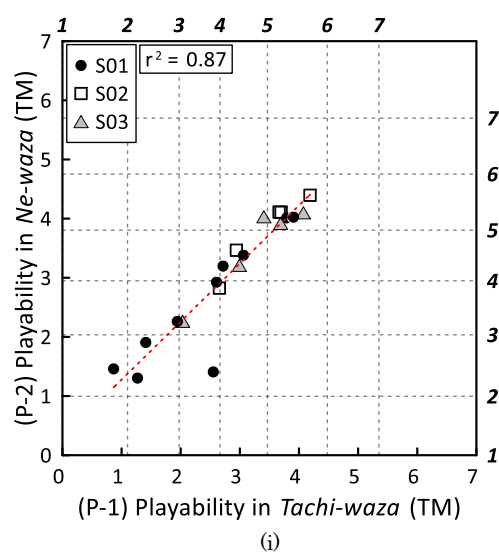
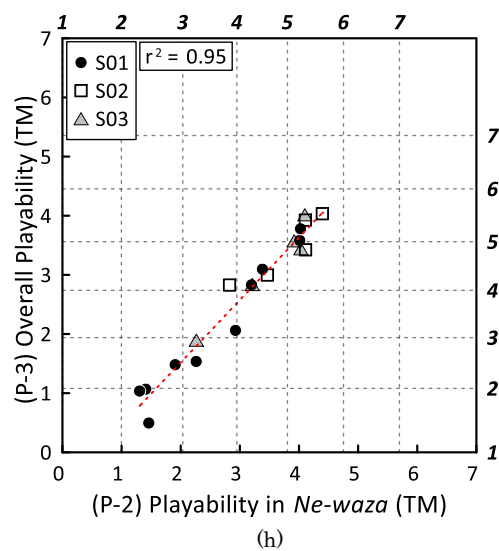
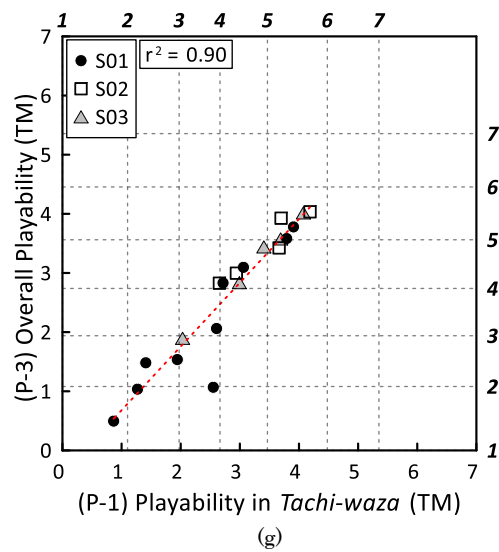


Fig. 4.3 Relations between the evaluation scales of playability (male)

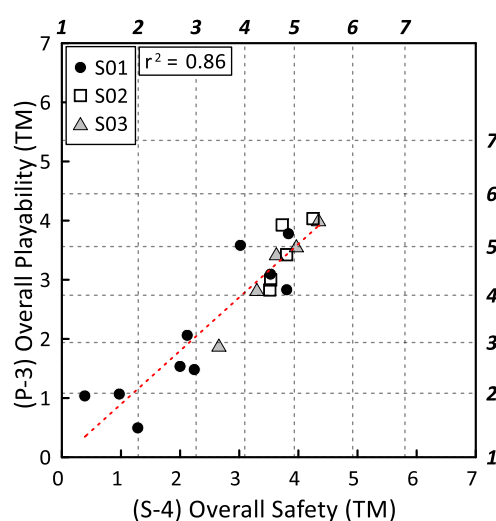
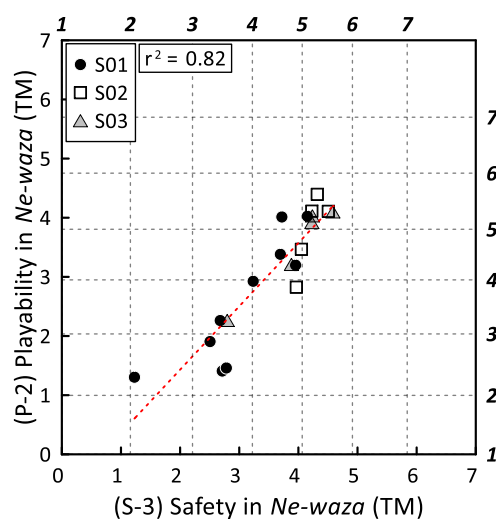
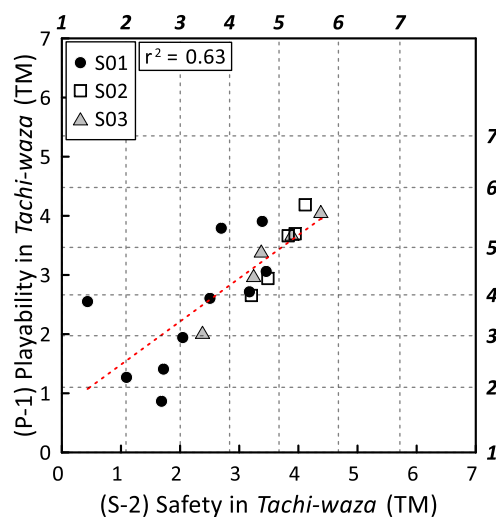


Fig. 4.4 Relations between the evaluation scales of safety and playability (male)

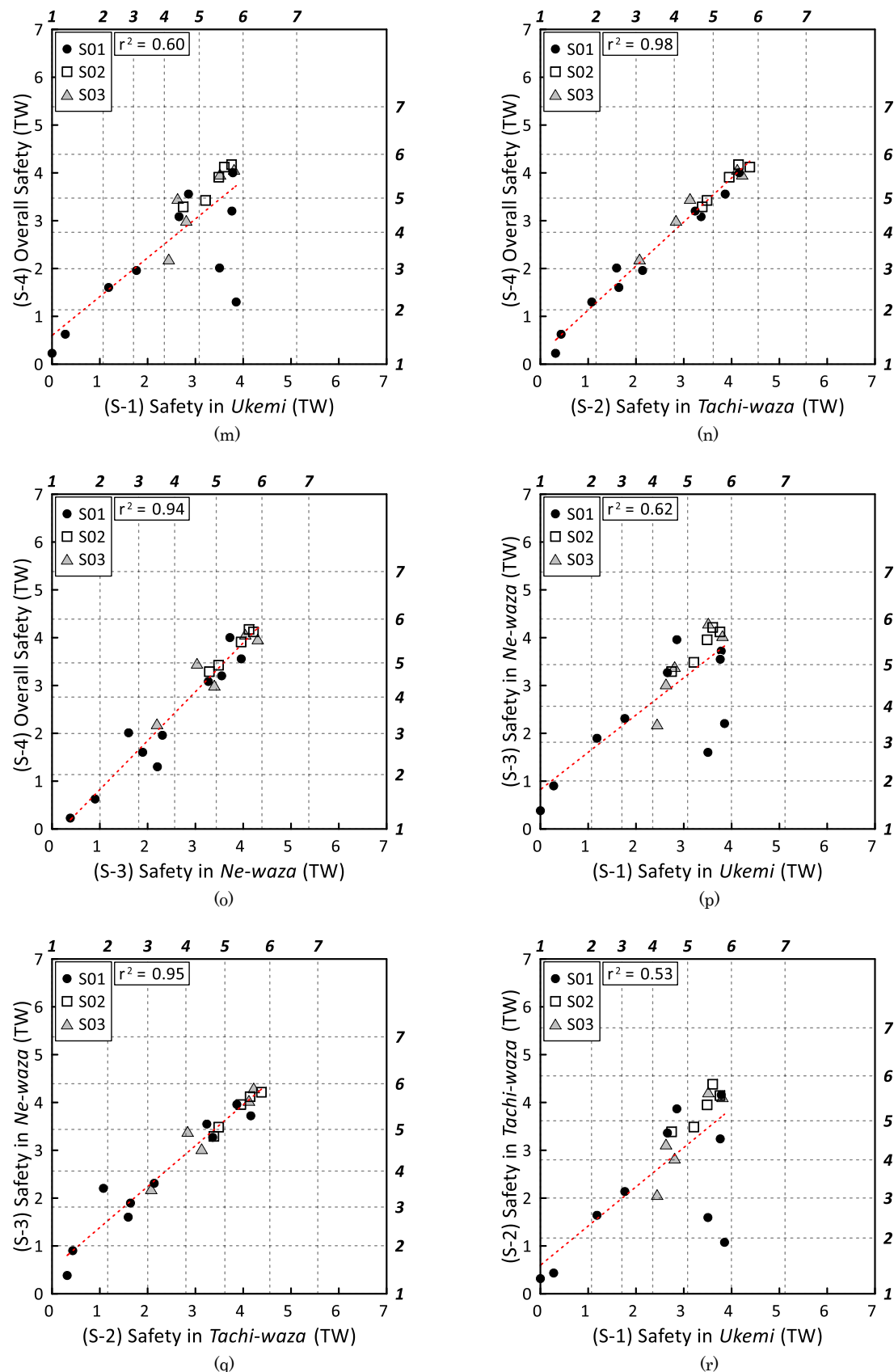


Fig. 4.5 Relations between the evaluation scales of safety (female)

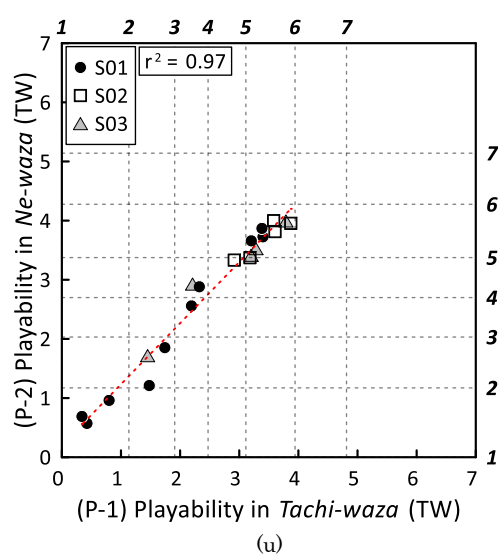
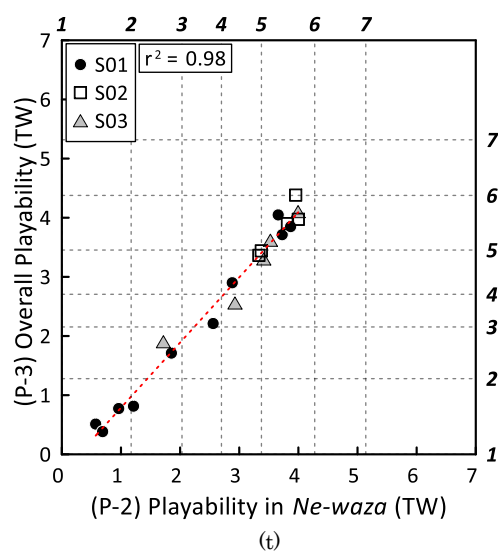
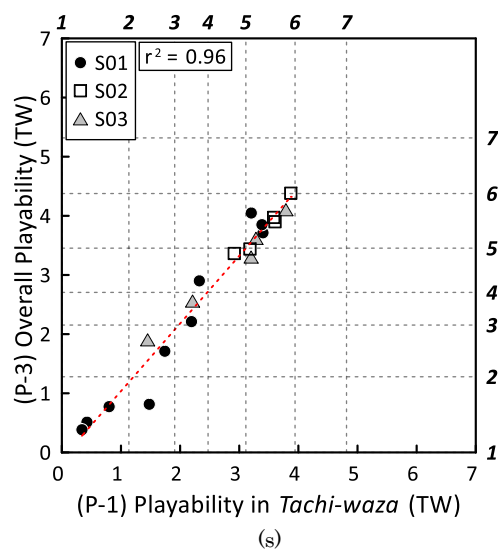


Fig. 4.6 Relations between the evaluation scales of playability (female)

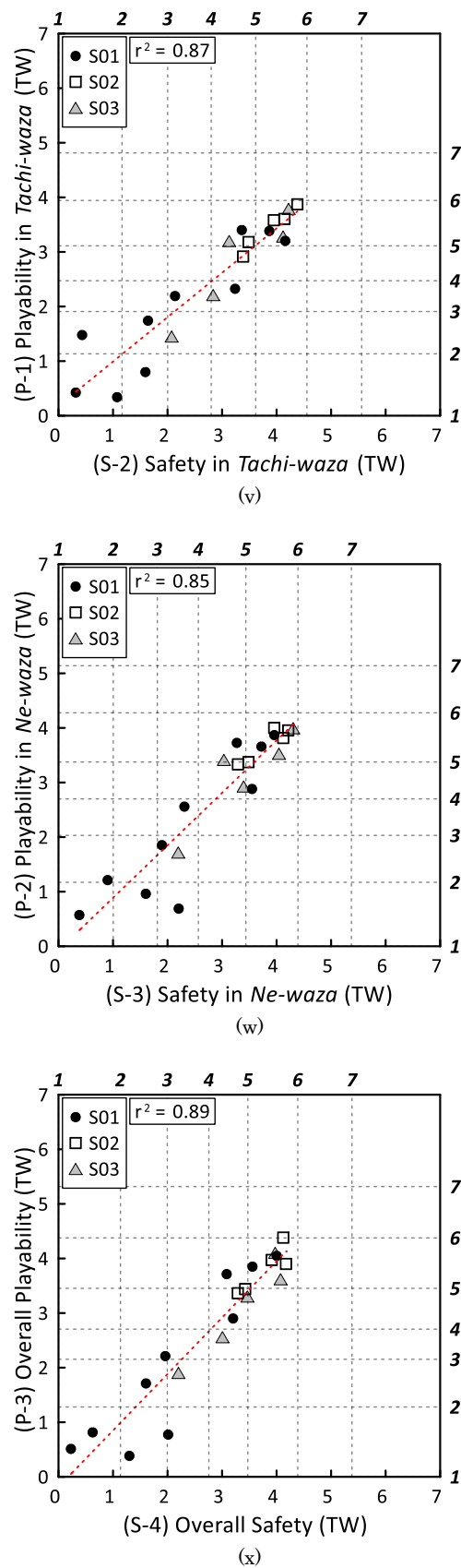


Fig. 4.7 Relations between the evaluation scales of safety and playability (female)

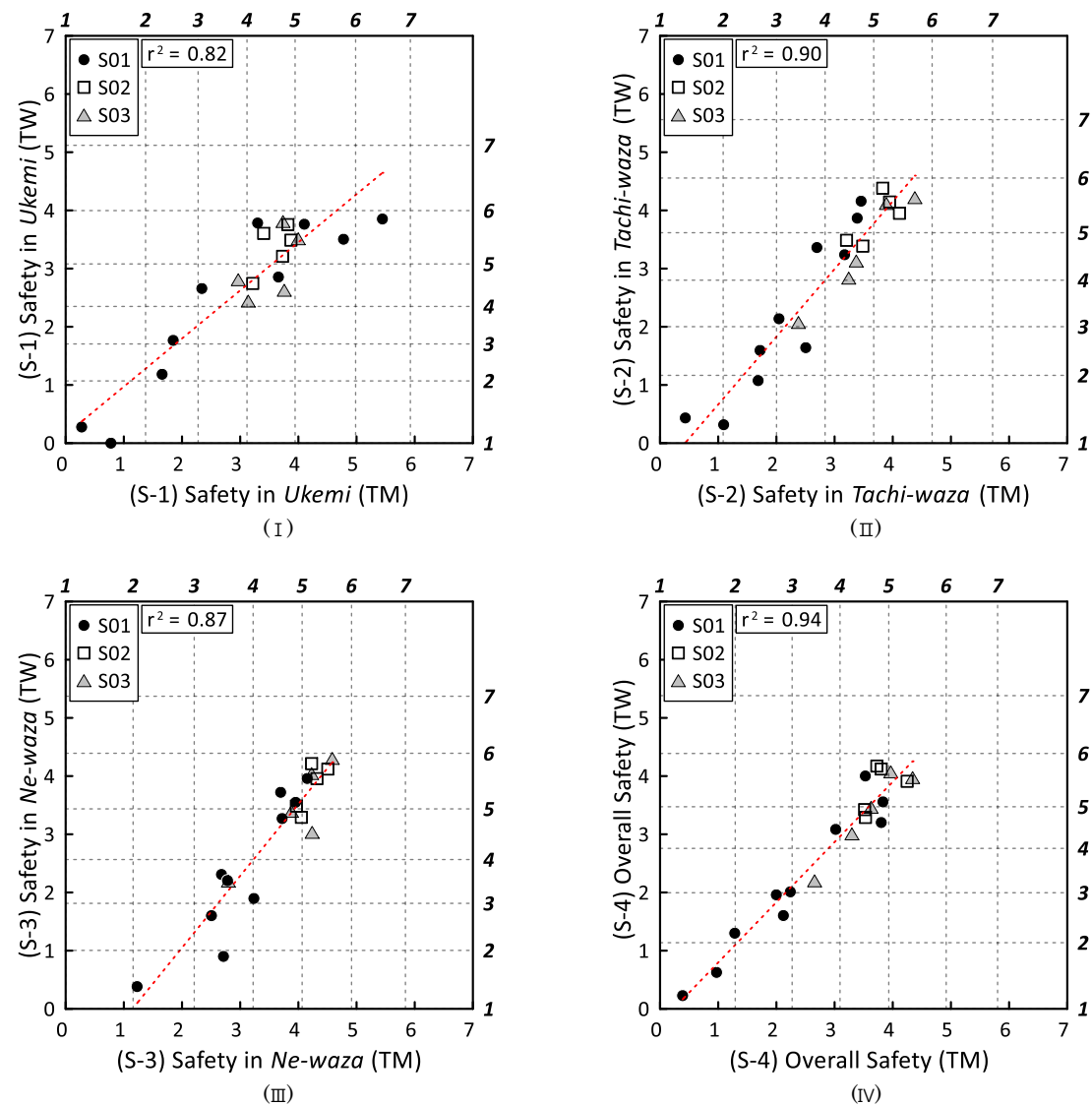


Fig. 4.8 Relations between the evaluation scales of safety (male) and evaluation scales of safety (female)

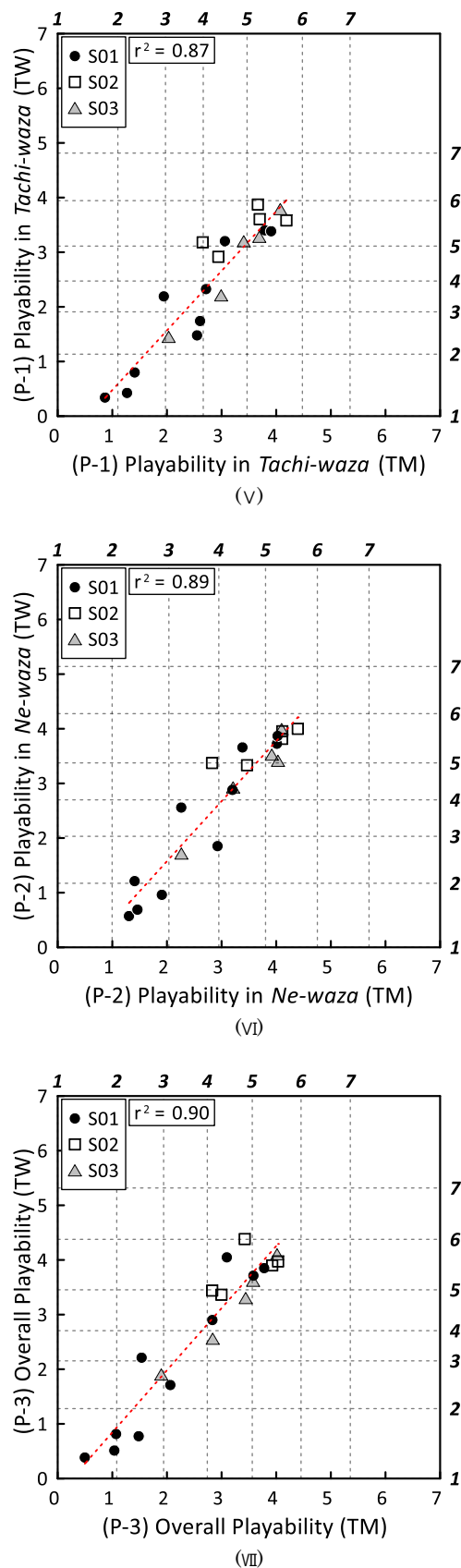


Fig. 4.9 Relations between the evaluation scales of playability (male) and evaluation scales of playability (female)

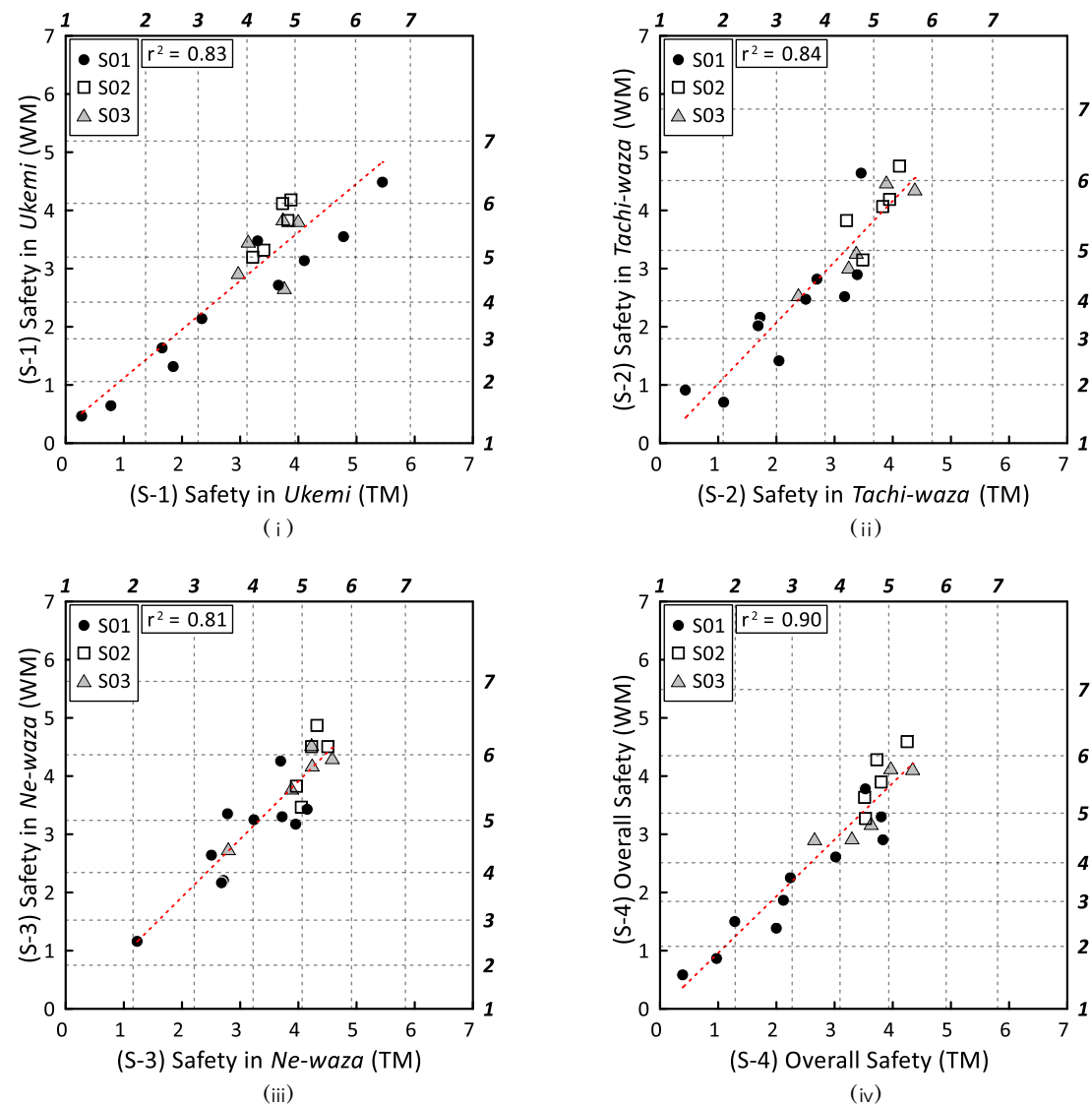


Fig. 4.10 Relations between the evaluation scales of safety (pre-test) and evaluation scales of safety (main test) (male)

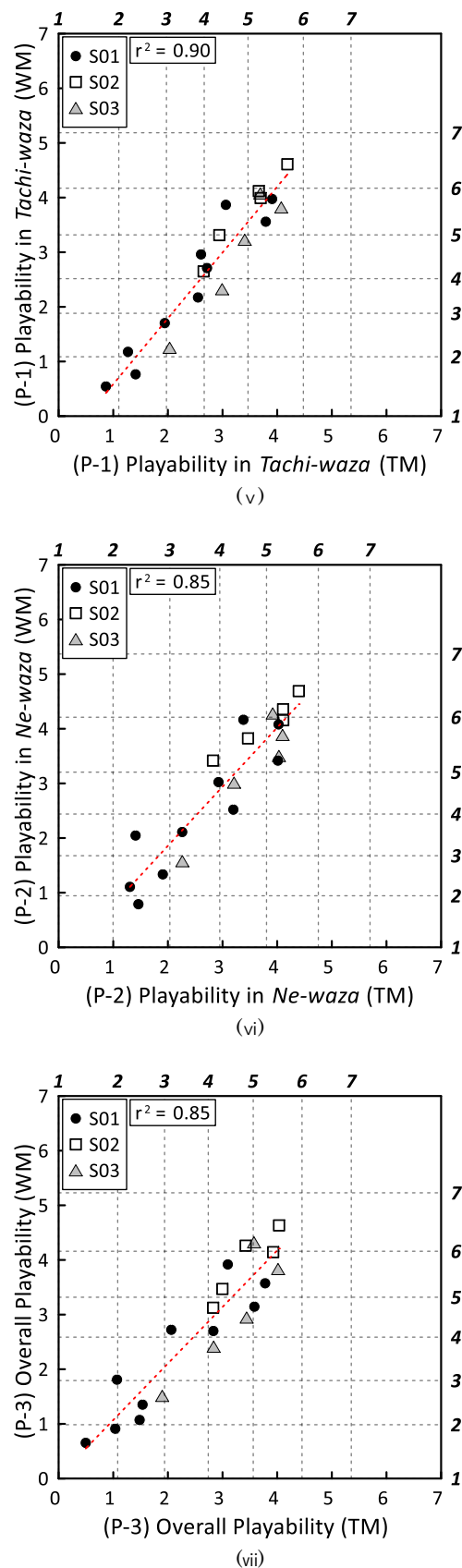


Fig. 4.11 Relations between the evaluation scales of playability (pre-test) and evaluation scales of playability (main test) (male)

4.4 尺度の相互関係の考察

(1) 男子の尺度に関する考察

i) 安全性尺度に関する考察

Table 4.4 (1)に、男子の安全性尺度間の決定係数 r^2 を示す。また、Fig. 4.2 (a)～(f)に、男子の安全性尺度間の対応図を示す。受身安全性 (S-1) はそれ以外の安全性尺度 (S-2～S-4) と異なる傾向を示すが、S-2～S-4 の尺度間の相関は高い。

ii) 競技性尺度に関する考察

Table 4.4 (2)に、競技性尺度間の r^2 を示す。また、Fig. 4.3 (g)～(i)に、競技性尺度間の対応図を示す。競技性 3 尺度 (P-1～P-3) 間の相関は高い。

iii) 安全性と競技性の尺度に関する考察

Table 4.4 (3)に、安全性と競技性の尺度間の r^2 を示す。また、Fig. 4.4 (j)～(l)に、安全性と競技性の尺度間の対応図の例を示す。受身安全性 (S-1) と競技性の 3 尺度間の相関は低い、それ以外の安全性と競技性の尺度間には相関が認められる。

(2) 女子の尺度に関する考察

i) 安全性尺度に関する考察

Table 4.6 (1)に、女子の安全性尺度間の決定係数 r^2 を示す。また、Fig. 4.5 (m)～(r)に、女子の安全性尺度間の対応図を示す。受身安全性 (S-1) はそれ以外の安全性尺度 (S-2～S-4) とやや異なる傾向を示すが、S-2～S-4 の尺度間の相関は高い。

ii) 競技性尺度に関する考察

Table 4.6 (2)に、競技性尺度間の r^2 を示す。また、Fig. 4.6 (s)～(u)に、競技性尺度間の対応図を示す。競技性 3 尺度 (P-1～P-3) 間の相関は高い。

iii) 安全性と競技性の尺度に関する考察

Table 4.6 (3)に、安全性と競技性の尺度間の r^2 を示す。また、Fig. 4.7 (v)～(x)に、安全性と競技性の尺度間の対応図の例を示す。受身安全性 (S-1) と競技性の 3 尺度間の相関は低い、それ以外の安全性と競技性の尺度間には相関が認められる。

(3) 男女の尺度に関する考察

i) 安全性尺度に関する考察

Table 4.8 (1)に、男女の安全性尺度間の決定係数 r^2 を示す。また、Fig. 4.8 (I)～(IV)に、安全性尺度間の対応図を示す。S-1～S-4 の 4 尺度に関し、尺度の種類が同じであれば、男女の尺度間の相関は高い。

ii) 競技性尺度に関する考察

Table 4.8 (2)に、男女の競技性尺度間の r^2 を示す。また、Fig. 4.9 (V)～(VII)に、競技性尺度間の対応図を示す。P-1～P-3 の3尺度に関しても、尺度の種類が同じであれば、男女の尺度間の相関は高い。

(4) 第2章と第4章の男子の尺度に関する考察

i) 安全性尺度に関する考察

Table 4.10 (1)に、第2章と第4章の男子の安全性尺度間の決定係数 r^2 を示す。また、Fig. 4.10 (i)～(iv)に、安全性尺度間の対応図を示す。S-1～S-4 の4尺度に関し、尺度の種類が同じであれば、尺度間の相関は高い。

ii) 競技性尺度に関する考察

Table 4.10 (2)に、第2章と第4章の男子の競技性尺度間の r^2 を示す。また、Fig. 4.11 (v)～(vii)に、競技性尺度間の対応図を示す。P-1～P-3 の3尺度に関しても、尺度の種類が同じであれば、尺度間の相関は高い。

以上の結果から、本研究の範囲では、競技者の競技レベルの相違、性別、あるいは検査場の広さに関わらず、同様の結果が官能検査手法により得られることが示された。

4.5 結論

東海大学柔道部の男子部員 10 名および女子部員 10 名を検査員として、安全性と競技性からみた柔道場床のかたさの評価尺度を構成するための本検査を実施した。

検査の結果、以下の結論を得た。

- i) 検査結果は、いずれも統計学的に有意であった。
- ii) 男女別に、安全性 4 尺度、競技性 3 尺度、計 14 種類のかたさに関する評価尺度を構成した。
- iii) 男子と女子の心理学的評価は、近似した傾向を示した。
- iv) 第 4 章の本検査は、第 2 章の試行的検査と近似した傾向の結果を示した。
- v) 第 2 章、第 4 章、および男女の検査に共通する、評価尺度間の対応の具体的な傾向として以下を把握した。
 - ①「受身安全性 (S-1)」の傾向は、それ以外の安全性の 3 尺度「立技安全性 (S-2)」,「寝技安全性 (S-3)」,「総合安全性 (S-4)」とは異なる。「立技安全性 (S-2)」,「寝技安全性 (S-3)」,「総合安全性 (S-4)」の 3 尺度の相関は比較的に高い。
 - ②競技性の 3 尺度「立技競技性 (P-1)」,「寝技競技性 (P-2)」,「総合競技性 (P-3)」の相関は高い。
 - ③「受身安全性 (S-1)」と競技性の 3 尺度 (P-1~P-3) の相関は低い。
 - ④「受身安全性 (S-1)」を除く、その他の安全性と競技性の尺度間の相関はある程度高い。

第5章
既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標
の妥当性に関する考察

5.1 目的と方法

本章では、第 4 章で構成した安全性・競技性尺度と第 3 章の測定結果との対応性を考察し、既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の妥当性を検証することを目的とした。

5.2 かたさに関する評価尺度と既往の指標の関係の考察

第4章で構成した柔道場床の安全性と競技性に関する評価尺度、計14尺度（男子7尺度，女子7尺度）と，第3章で測定した各指標の関係を考察する。

Table 5.1 に，本章で対象としたかたさに関する指標の一覧を示す。

Table 5.1 List of indicators on hardness

	Indicator on hardness	Weight(kg)	Diameter (mm)	Fall Height (mm)	Abbreviation
AJJF Standard	U_J (N・m)	10.5	200	1140	U_J
	G_S (g)	3.75	50	200	G_S
IJF Standard	<i>Peak Deceleration</i> (g)	8	43	200	F_{43-20} Peak dec.
				600	F_{43-60} Peak dec.
			78	400	F_{78-40} Peak dec.
				200	F_{116-20} Peak dec.
			116	600	F_{116-60} Peak dec.
				200	F_{43-20} Def.
	<i>Deflection</i> (mm)	8	43	600	F_{43-60} Def.
				200	F_{116-20} Def.
			116	600	F_{116-60} Def.
				200	F_{43-20} Res.
	<i>Resilience</i> (%)		43	600	F_{43-60} Res.
				200	F_{116-20} Res.
			116	600	F_{116-60} Res.
	<i>Difference of Deflections</i> (mm)	50	78	-	$D.o.D.$

Table 5.2 (1), (2)に，男女別に，7尺度と指標間の相関性を示す。Table 5.2 (1), (2)の各欄の数値は，第3章のTable 3.4と同様に，5種類の回帰分析から得た決定係数 r^2 のうち，もっとも大きい値を相関性の代表値として選定している。

また，第3章，第4章の結果を踏まえ，Table 5.2 (1), (2)の尺度と指標の組合せのうち，代表的な組合せとしてTable 5.3に示す42種類((1)～(42))を選定した。尺度については，第4章で考察した尺度間の相関性を考慮し，男女について受身安全性(S-1)，総合安全性(S-4)，総合競技性(P-3)の3尺度，計6尺度を選定した。指標については，第3章の結果を参考に，尺度との相関が高いTable 5.3の7指標を選定した。

これらの組合せの散布図をFig. 5.1～Fig. 5.7の(1)～(42)に示す。(1)～(42)の各図の上部には r^2 の値も示した。

Table 5.2 (1), (2)およびFig. 5.1～Fig. 5.7の(1)～(42)から，尺度と指標の対応関係について，以下を考察した。

Table 5.2 (1) Coefficients of determination (r^2)
between evaluation scales and measured indicators on hardness (male)

Performance Evaluation: Sources and Measured Indicators on Parameters (TM)																	
		U_J	G_S	Peak dec.					Def.				Res.				D.o.D.
				F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
TM	S-1	e0.40	0.43	0.31	0.14	0.20	0.36	0.15	l0.79	l0.79	l0.71	l0.60	0.17	0.00	0.00	0.03	l0.75
	S-2	q0.06	0.04	0.09	0.17	0.19	0.14	0.08	lR0.56	q0.48	lR0.69	lR0.29	q0.26	q0.51	q0.23	q0.21	lR0.71
	S-3	lR0.23	0.08	0.07	0.15	0.16	0.12	0.07	lR0.38	q0.45	lR0.67	lR0.29	q0.43	q0.41	q0.25	q0.42	q0.20
	S-4	lR0.25	0.08	0.12	0.17	0.18	0.15	0.09	lR0.71	q0.67	lR0.78	lR0.44	q0.39	q0.45	q0.18	q0.33	lR0.76
	P-1	lR0.36	0.00	0.01	0.04	0.05	0.02	0.02	lR0.69	lR0.50	lR0.69	lR0.41	q0.27	q0.18	q0.18	q0.35	lR0.71
	P-2	lR0.20	0.01	0.02	0.06	0.07	0.05	0.02	lR0.69	lR0.53	lR0.67	lR0.30	q0.32	q0.33	q0.27	q0.30	lR0.67
	P-3	lR0.26	0.02	0.05	0.10	0.11	0.08	0.06	lR0.74	lR0.61	lR0.76	lR0.44	q0.30	q0.29	q0.21	q0.30	lR0.67

note : Explanation of prefixes of r^2 values

r^2 = 0.90 : Linear function regression

l0.90 : Logarithm function regression

e0.90 : Exponential function regression

q0.90 : Quadratic function regression

lR0.90 : Local regression

Table 5.2 (2) Coefficients of determination (r^2)
between evaluation scales and measured indicators on hardness (female)

Between Evaluation Scores and Measured Indicators on Purchase (Remarks)																	
		U_I	G_S	Peak dec.					Def.				Res.				D.o.D.
				F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
TW	S-1	0.30	0.38	0.29	0.15	0.21	0.32	0.15	l0.63	l0.60	l0.51	l0.46	0.22	0.01	0.00	0.14	l0.59
	S-2	lR0.25	0.08	0.12	0.14	0.16	0.12	0.08	lR0.72	q0.55	lR0.73	q0.34	q0.29	q0.40	q0.23	q0.32	lR0.68
	S-3	lR0.22	0.12	0.15	0.18	0.20	0.14	0.09	lR0.65	q0.48	lR0.65	q0.26	q0.28	q0.40	q0.20	q0.29	q0.23
	S-4	lR0.27	0.12	0.15	0.17	0.20	0.17	0.12	lR0.75	q0.63	lR0.79	q0.40	q0.34	q0.44	q0.24	q0.30	lR0.80
	P-1	lR0.30	0.02	0.04	0.09	0.09	0.04	0.04	lR0.70	q0.45	lR0.77	q0.32	q0.23	q0.22	q0.23	q0.36	lR0.81
	P-2	lR0.27	0.03	0.06	0.11	0.11	0.04	0.05	lR0.71	q0.47	lR0.76	q0.30	q0.20	q0.21	q0.19	q0.32	lR0.85
	P-3	lR0.29	0.03	0.07	0.11	0.12	0.06	0.06	lR0.73	q0.49	lR0.76	q0.33	q0.23	q0.27	q0.20	q0.34	lR0.82

note : Explanation of prefixes of r^2 values

r^2 = 0.90 : Linear function regression

l0.90 : Logarithm function regression

e0.90 : Exponential function regression

q0.90 : Quadratic function regression

lR0.90 : Local regression

Table 5.3 List of graphs of the between relations evaluation scales
and measured indicators on hardness (male and female)

	U_J	G_S	<i>Peak dec.</i>					<i>Def.</i>				<i>Res.</i>				<i>D.o.D.</i>
			F_{43-20}	F_{43-60}	F_{78-40}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	F_{43-20}	F_{43-60}	F_{116-20}	F_{116-60}	
TM	S-1	(1)	(7)					(13)	(19)	(25)	(31)					(37)
	S-2															
	S-3															
	S-4	(3)	(9)					(15)	(21)	(27)	(33)					(39)
	P-1															
	P-2															
	P-3	(5)	(11)					(17)	(23)	(29)	(35)					(41)
TW	S-1	(2)	(8)													(38)
	S-2															
	S-3															
	S-4	(4)	(10)					(16)	(22)	(28)	(34)					(40)
	P-1															
	P-2															
	P-3	(6)	(12)					(18)	(24)	(30)	(36)					(42)

5.2.1 かたさ評価尺度と AJJF 試験による指標の関係に関する考察

(1) 尺度と U_I の関係

Fig. 5.1 (1)~(6)に、選定した 6 種尺度（男女、それぞれ S-1, S-4, P-3）と U_I の関係を示す。

- i) Fig. 5.1 (1), (2) : 受身安全性 (S-1) と U_I の間には、男女とも、 U_I が大きいほど安全性も高くなる傾向が認められ、 U_I により受身時の安全性の評価がおおむね可能であることがわかる。ただし、第 3 章の結果と同様に、表層が特にかたい 2 試験体に関しては、この傾向から外れることも明らかである。
- ii) Fig. 5.1 (3), (4) : 総合安全性 (S-4) と U_I の間には、男女とも、さほど明瞭な相関は認められない。しかし、表層がかたい 2 試験体を除けば、尺度と U_I の間には山型の対応関係もうかがえる。
- iii) Fig. 5.1 (5), (6) : 総合競技性 (P-3) と U_I の間には、男女とも、さほど明瞭な相関は認められない。しかし、S-4 の場合と同様に、表層がかたい 2 試験体を除けば、尺度と U_I の間には山型の対応関係もうかがえる。

(2) 尺度と G_S の関係

Fig. 5.2 (7)~(12)に、選定した 6 種尺度（男女、それぞれ S-1, S-4, P-3）と G_S の関係を示す。

- i) Fig. 5.2 (7), (8) : 受身安全性 (S-1) と G_S の間には、男女とも、 G_S が小さいほど安全性も高くなる傾向が認められ、 G_S により受身時の安全性の評価がおおむね可能であることがわかる。ただし、第 3 章の結果と同様に、表層が特にかたい 2 試験体に関しては、この傾向から外れることも明らかである。
- ii) Fig. 5.2 (9), (10) : 総合安全性 (S-4) と G_S の間には、男女とも、さほど明瞭な相関は認められない。
- iii) Fig. 5.2 (11), (12) : 総合競技性 (P-3) と G_S の間にも、男女とも、明瞭な相関は認められない。

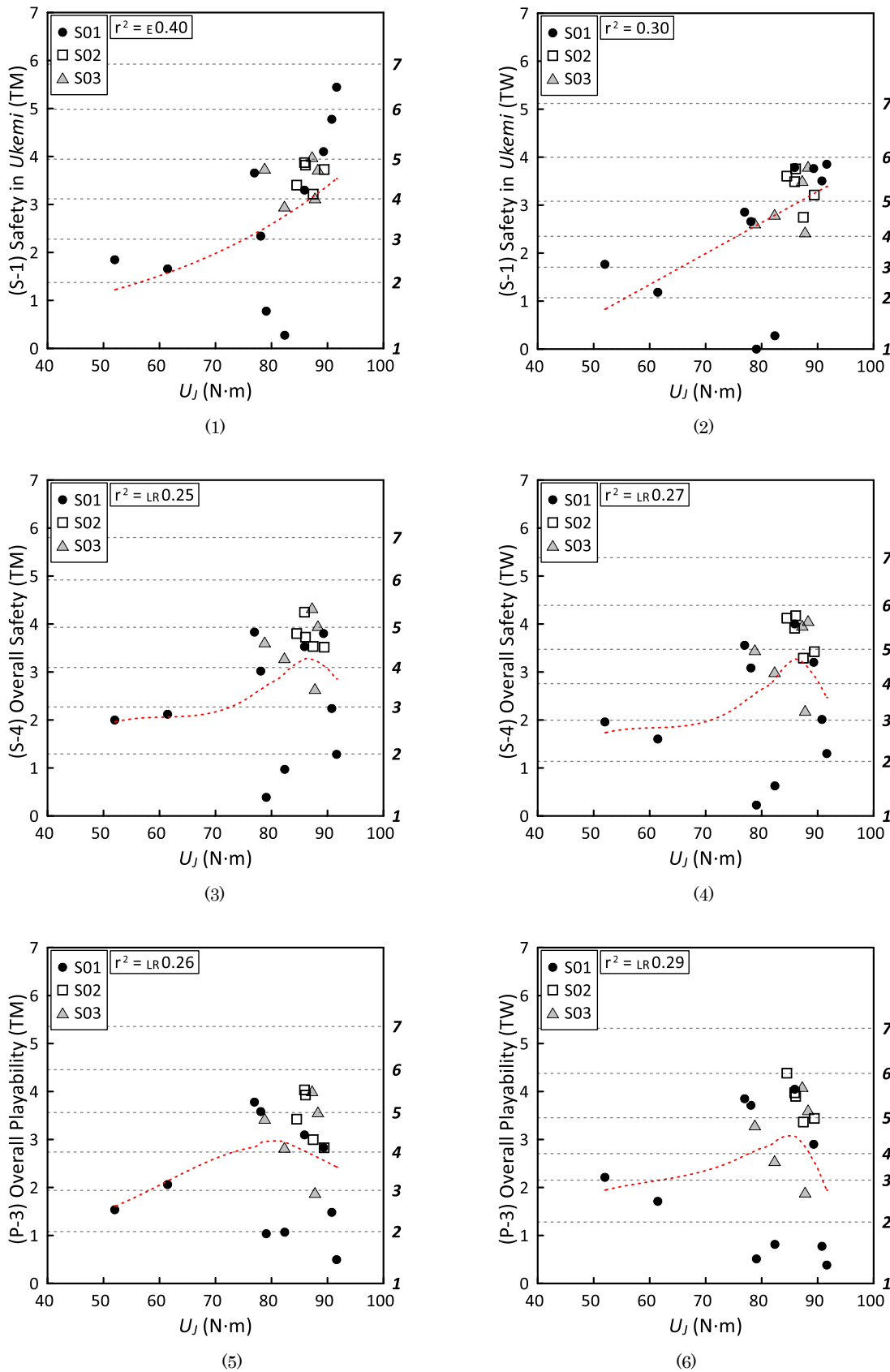


Fig. 5.1 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (U_j) (male and female)

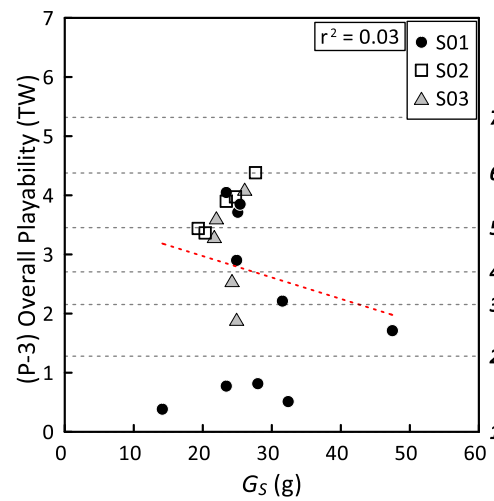
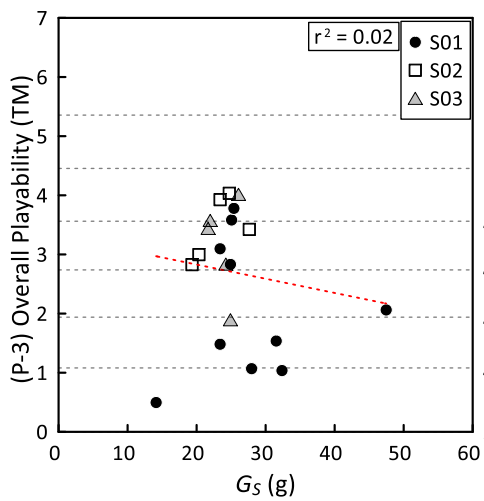
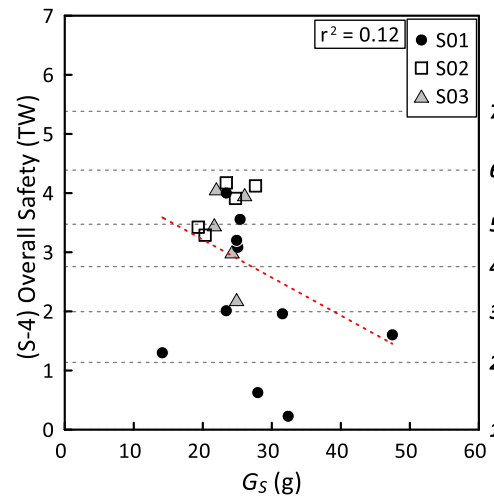
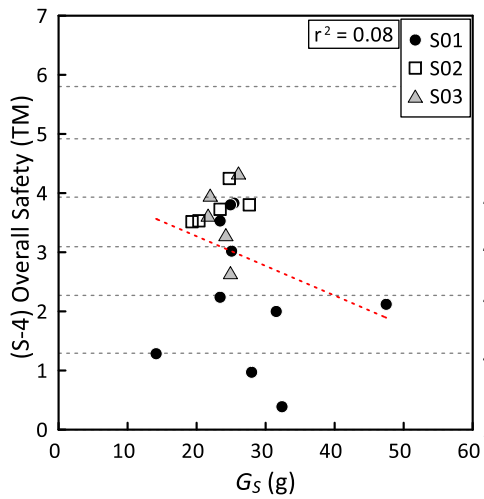
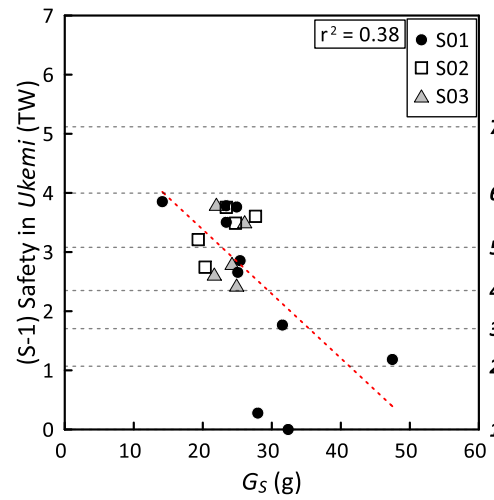
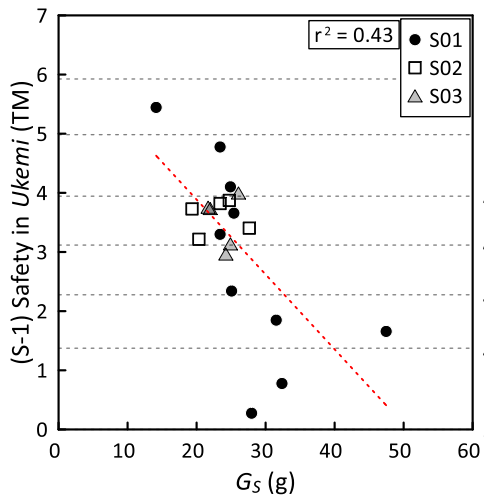


Fig. 5.2 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (G_s) (male and female)

5.2.2 かたさ評価尺度と IJF 試験による指標の関係に関する考察

(1) 尺度と *Def.* の関係

i) 受身安全性尺度 (S-1) と *Def.* の関係

Fig. 5.3 (13), (14), Fig. 5.4 (19), (20), Fig. 5.5 (25), (26), Fig. 5.6 (31), (32)に、受身安全性尺度 (S-1) と、測定条件の異なる 4 種の *Def.* の関係を示す。いずれの図においても、S-1 と *Def.* の間には、男女とも、*Def.* が大きいほど安全性は高くなる傾向が認められる。*Gs* の場合と同様に、表層がかたい 2 試験体は、対応関係からやや外れる傾向にある。

ii) 総合安全性尺度 (S-4) と *Def.* の関係

Fig. 5.3 (15), (16), Fig. 5.4 (21), (22), Fig. 5.5 (27), (28), Fig. 5.6 (33), (34)に、総合安全性 (S-4) と、測定条件の異なる 4 種の *Def.* の関係を示す。いずれの図においても、S-4 と *Def.* の間には、男女とも、おおよそ山型の傾向が認められる。試験条件に関しては、衝突モデルの落下高さが 60cm のときの *Def.* のほうが 20cm の *Def.* の場合より、山型の相関がより明瞭な傾向にある。なお、S-1 の場合と同様に、表層がかたい 2 試験体は、対応関係からやや外れる傾向にある。

iii) 総合競技性尺度 (P-3) と *Def.* の関係

Fig. 5.3 (17), (18), Fig. 5.4 (23), (24), Fig. 5.5 (29), (30), Fig. 5.6 (35), (36)に、総合競技性 (P-3) と、測定条件の異なる 4 種の *Def.* の関係を示す。いずれの図においても、P-3 と *Def.* の間には、男女とも、おおよそ山型の傾向が認められる。

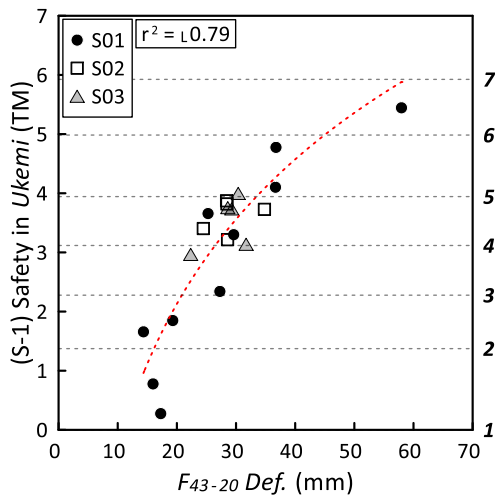
(2) 尺度と *D.o.D.* の関係

Fig. 5.7 (37)~(42)に、選定した 6 種尺度 (男女、それぞれ S-1, S-4, P-3) と *D.o.D.* の関係を示す。

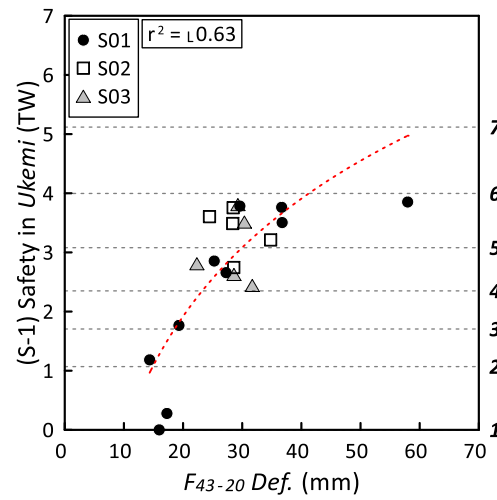
i) Fig. 5.7 (37), (38) : 受身安全性 (S-1) と *Gs* の間には、男女とも、*D.o.D.* が大きいほど安全性も高くなる傾向が認められる。しかし、*D.o.D.* が 10mm あたりでの相関は十分とはいえない。

ii) Fig. 5.7 (39), (40) : 総合安全性 (S-4) と *D.o.D.* の間には、男女とも、おおよそ山型の傾向が認められる。しかし、*D.o.D.* が 10 mm あたりでの相関は十分とはいえない。

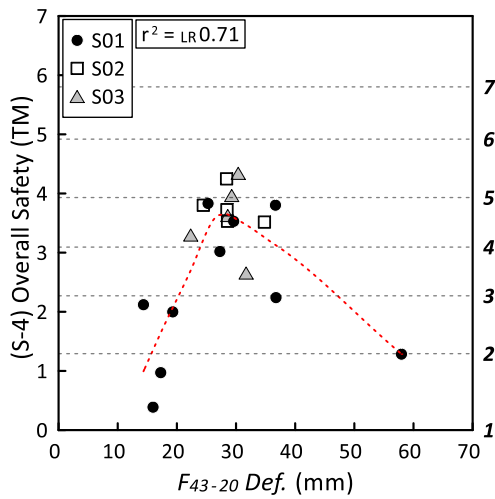
iii) Fig. 5.7 (41), (42) : 総合競技性 (P-3) と *D.o.D.* の間にも、男女とも、おおよそ山型の傾向が認められる。しかし、S-4 の場合と同様に、*D.o.D.* が 10 mm あたりでの相関は十分とはいえない。



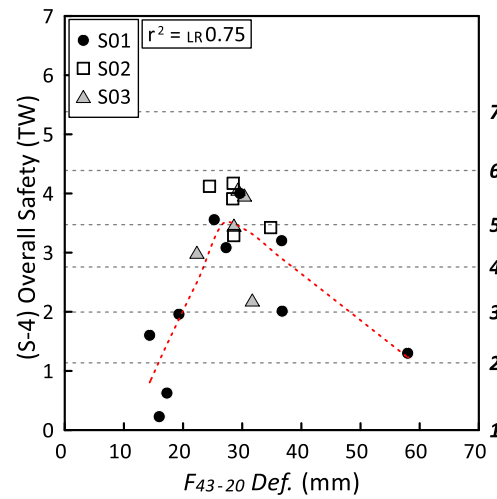
(13)



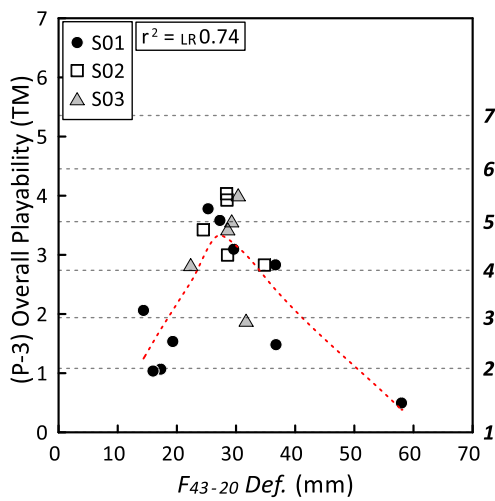
(14)



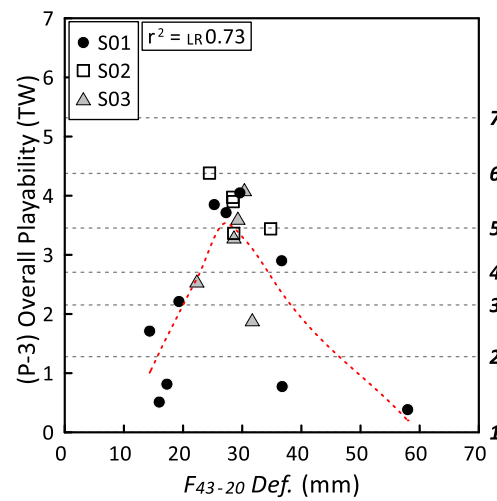
(15)



(16)



(17)



(18)

Fig. 5.3 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{43-20} Def.) (male and female)

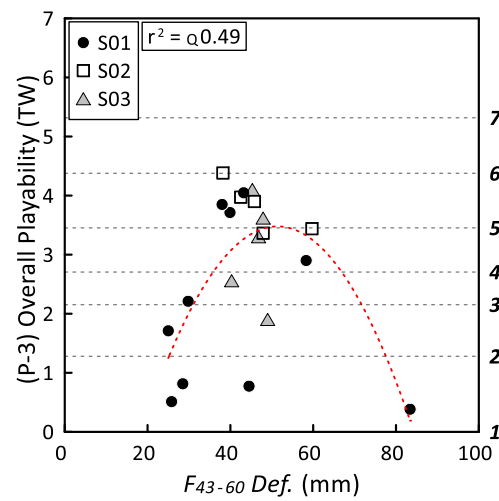
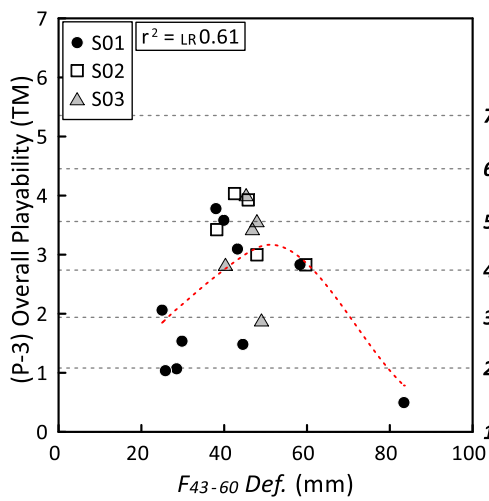
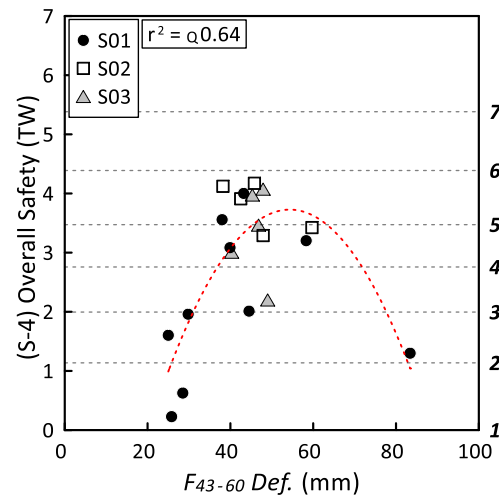
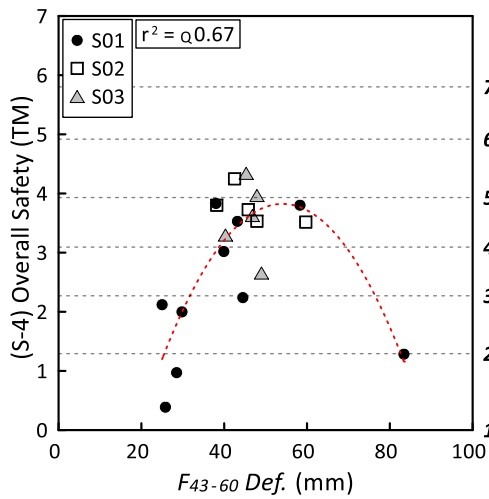
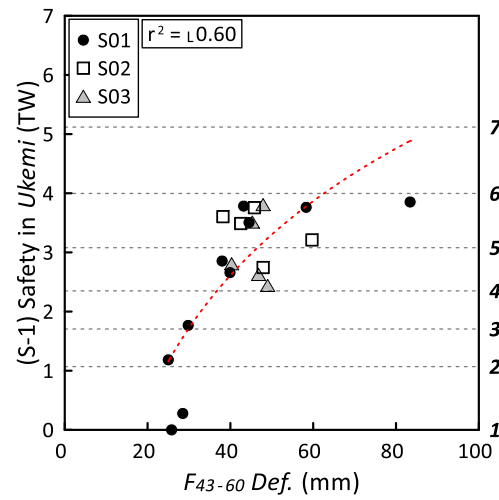
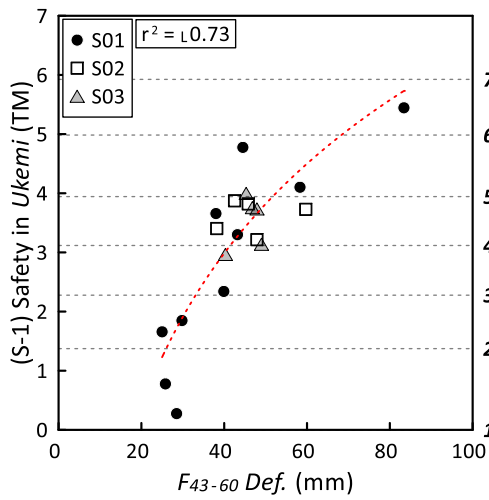
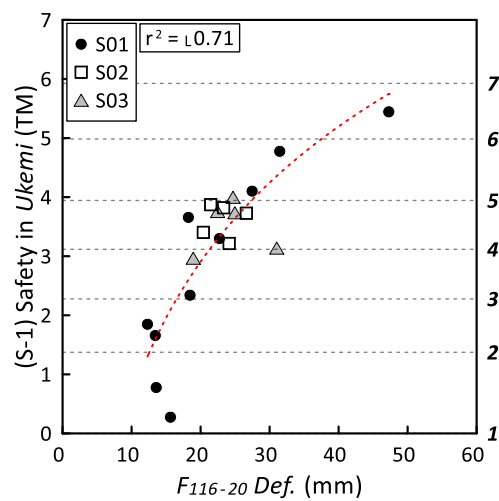
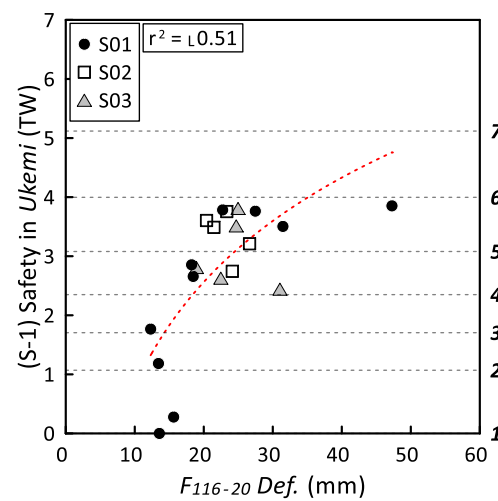


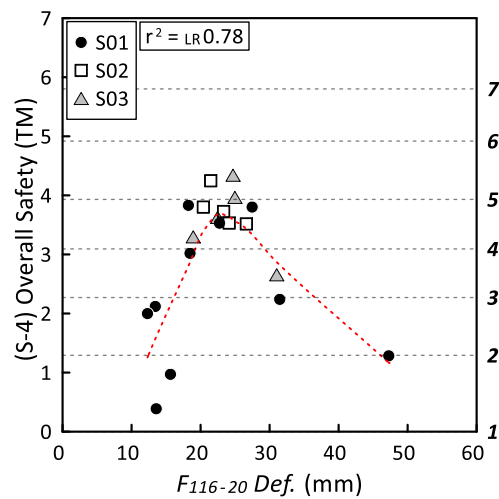
Fig. 5.4 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{43-60} Def.) (male and female)



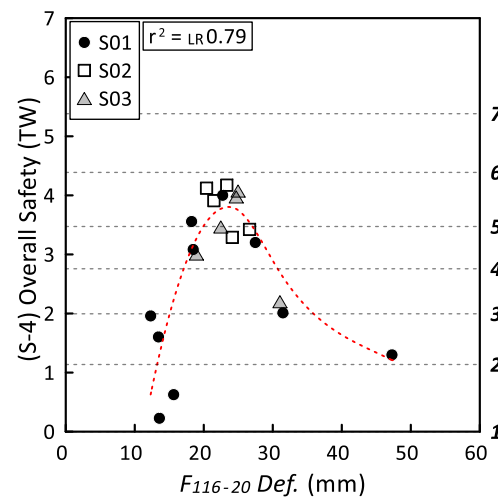
(25)



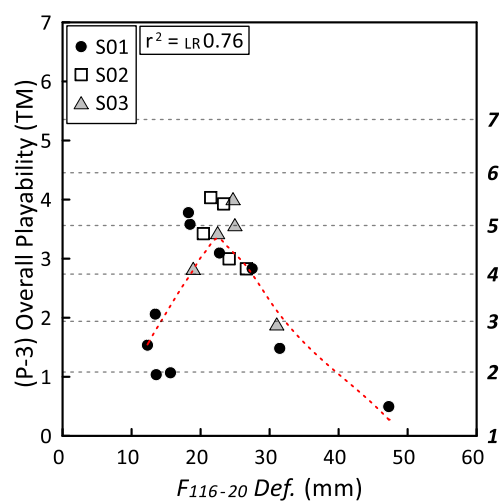
(26)



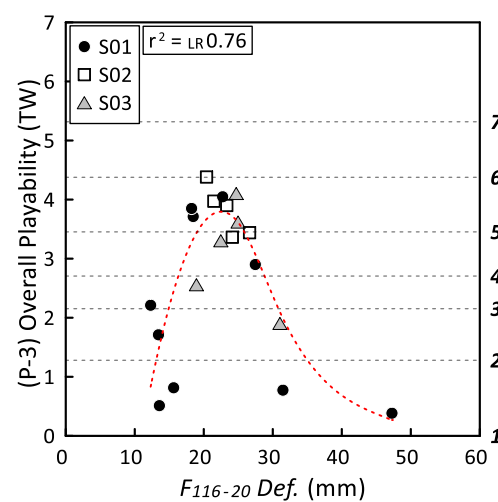
(27)



(28)

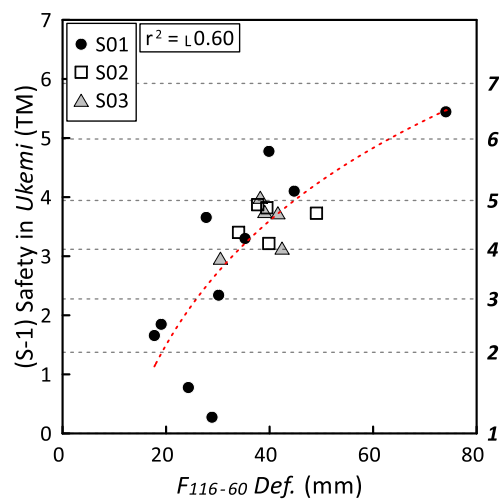


(29)

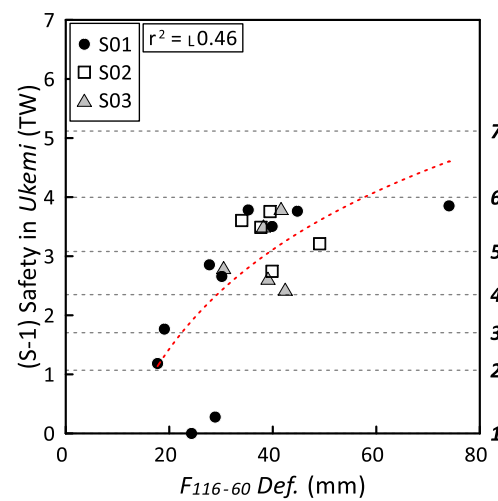


(30)

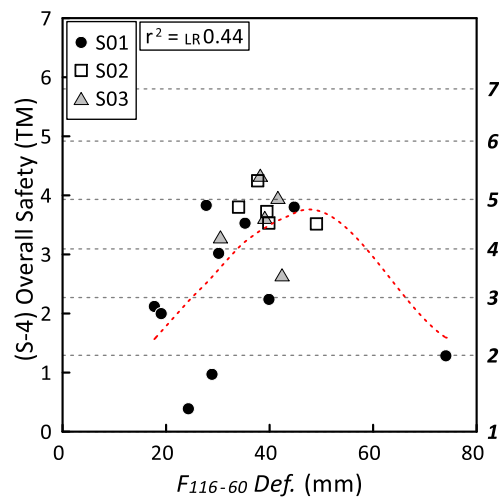
Fig. 5.5 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{116-20} Def.) (male and female)



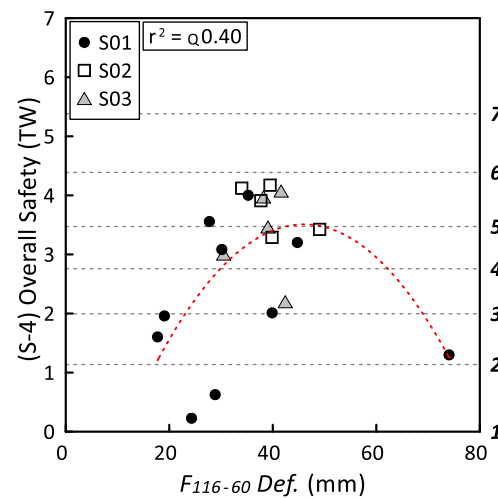
(31)



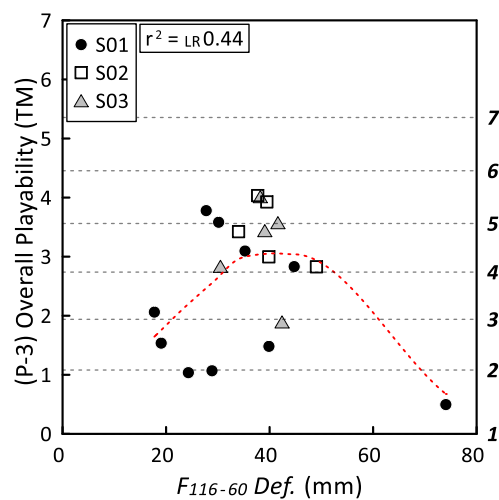
(32)



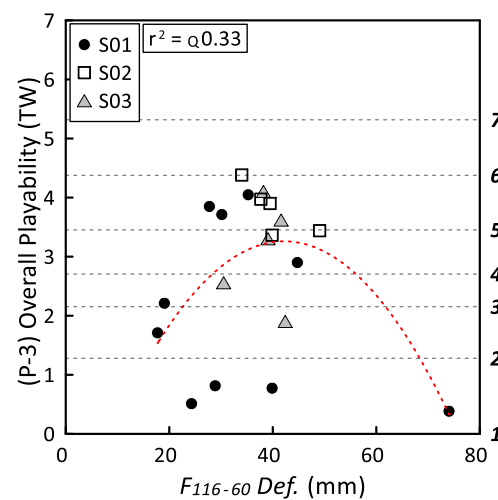
(33)



(34)

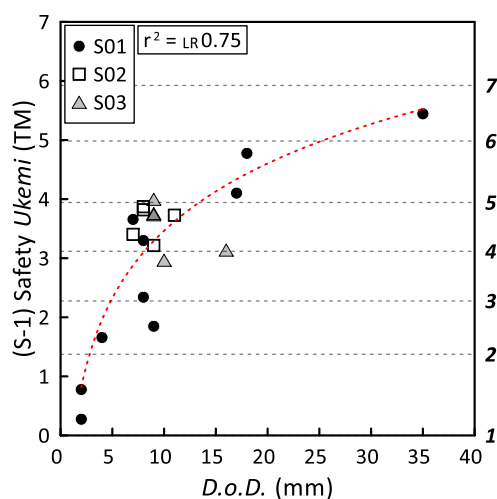


(35)

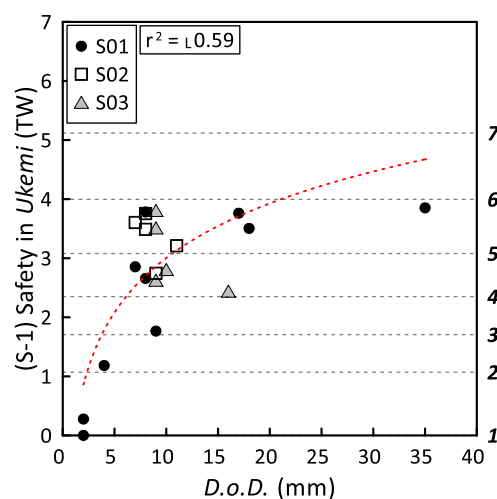


(36)

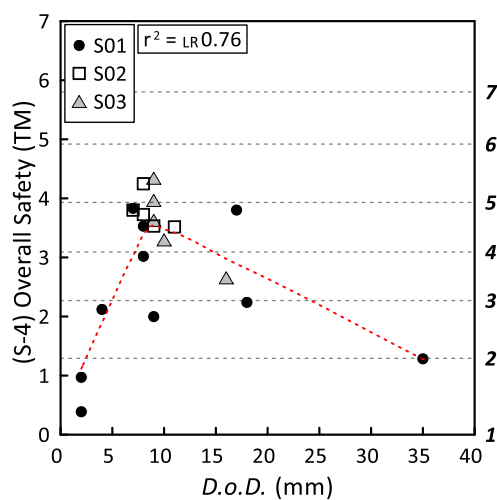
Fig. 5.6 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (F_{116-60} Def.) (male and female)



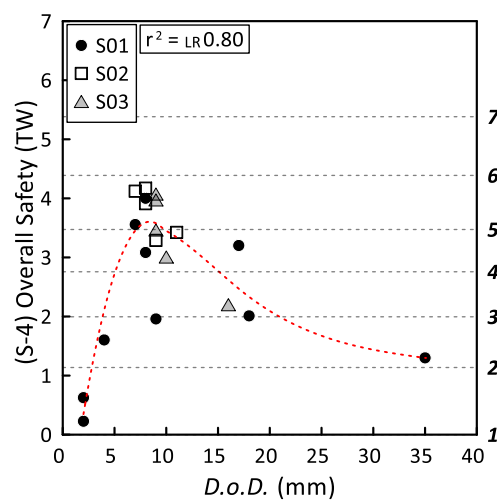
(37)



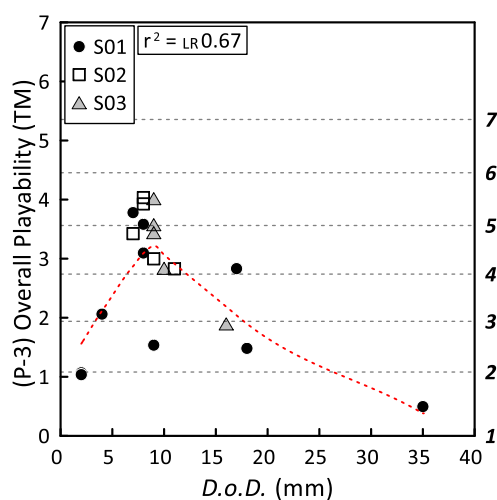
(38)



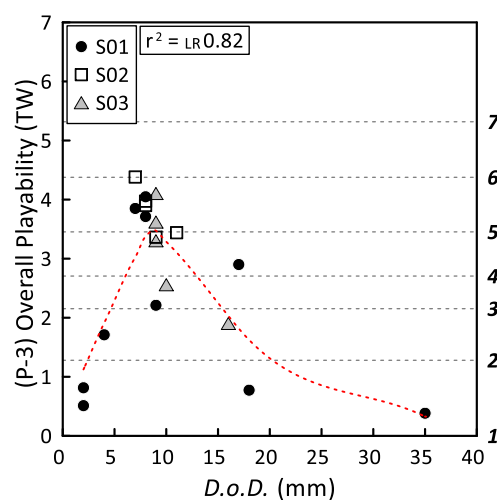
(39)



(40)



(41)



(42)

Fig. 5.7 Relations between evaluation scales and measured indicator on hardness (D.o.D.) (male and female)

5.3 既往の試験方法・指標によるかたさ評価の妥当性に関する考察

前節までの結果を受けて、本節では既往のかたさ試験方法・指標を用いて、安全性・競技性尺度との対応性の観点から、柔道場床のかたさ評価をどの程度、妥当におこないうるかを考察した。第3章と同様に、尺度の相関性および尺度内容の類似性の観点から、本節でも受身安全性（S-1）、総合安全性（S-4）、総合競技性（P-3）の3尺度を対象として考察した。

（1）受身安全性に関する考察

第3章と同様に、前節までの考察の結果、多くのかたさ指標において、表層のかたい試験体が受身安全性尺度（S-1）と指標の全体的な対応関係から外れる傾向が明らかとなった。そこで、本章でも、表層かたさと関係が深い、局部変形性の指標 $D.o.D.$ が一定値以下の試験体を除いた後に、各指標と S-1 との対応を考察することとした。

検討の結果、Fig. 5.8 (I), Fig. 5.9 (i) に示したように、 $D.o.D.$ が 3mm 以上の試験体であれば、Fig. 5.8 (III), (IV), Fig. 5.9 (iii), (iv) に示したように、男女ともに、指標 U_L , G_S により受身安全性を評価できると考える。

IJF の試験方法に関しては、Fig. 5.10 に示したように、IJF の試験条件の中でもっとも大きい動的荷重を床に負荷できる測定条件「 F_{116-60} 」である。そこで、IJF の指標を用いる場合は、この条件で測定される $F_{116-60} Def.$ により受身安全性を評価すべきと考える。Fig. 5.8 (II), Fig. 5.9 (ii) に、S-1 と $F_{116-60} Def.$ の対応を示す。

（2）総合安全性に関する考察

第3章の結果と同様に、本研究で対象とした既往のかたさ指標の中では、男女ともに、Fig. 5.8 (V), Fig. 5.9 (v) に示した $F_{116-20} Def.$ により総合安全性（S-4）をおおむね評価できると考える。

（3）総合競技性に関する考察

第3章の結果と同様に、本研究で対象とした既往のかたさ指標の中では、Fig. 5.8 (VI), Fig. 5.9 (vi) に示した $F_{116-20} Def.$ により総合競技性（P-3）をおおむね評価できると考える。

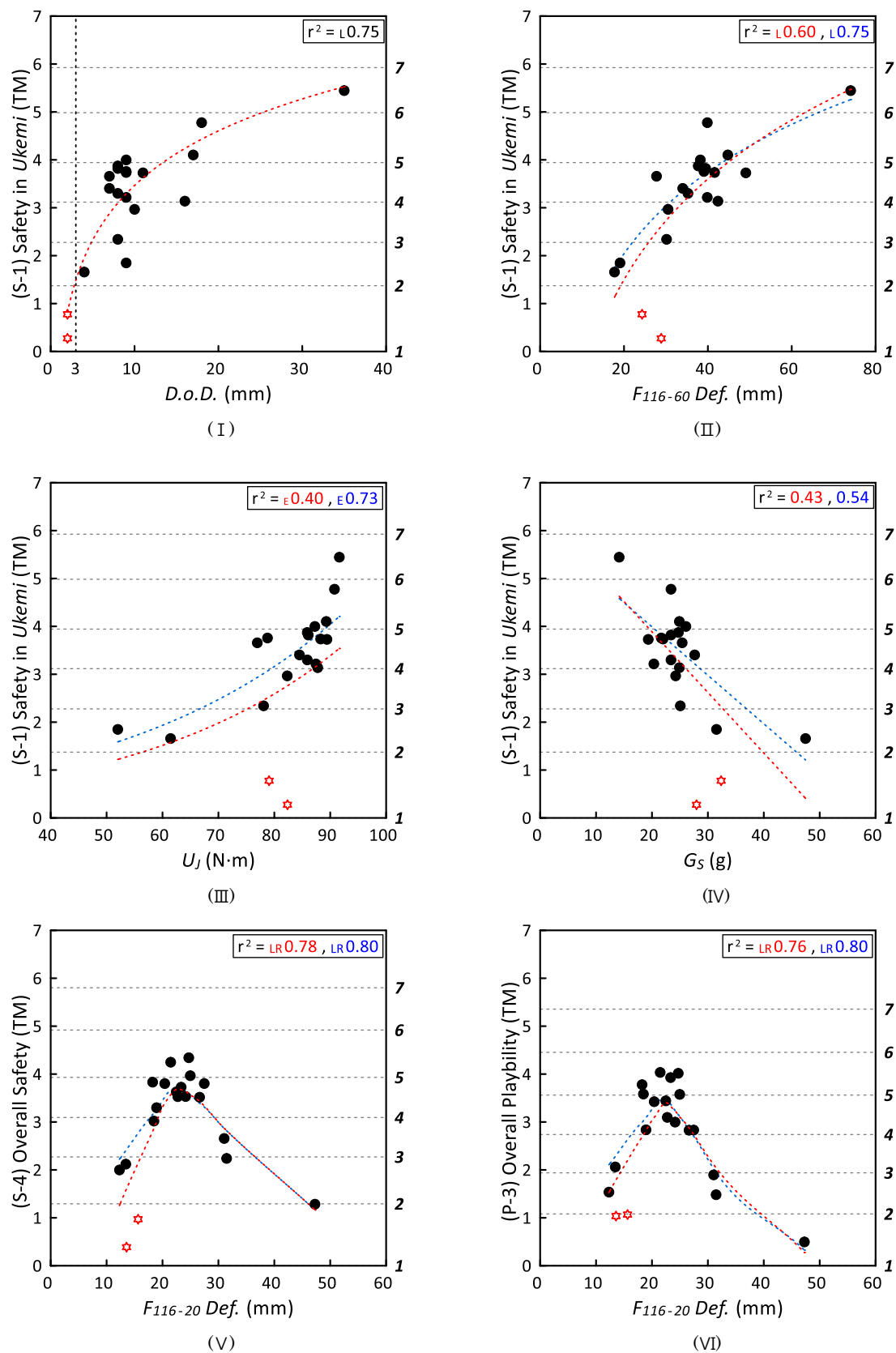


Fig. 5.8 Relations between evaluation scales (S-1, S-4, P-3) and measured indicators on hardness (Red : 20 samples, Blue : 18 samples) (male)

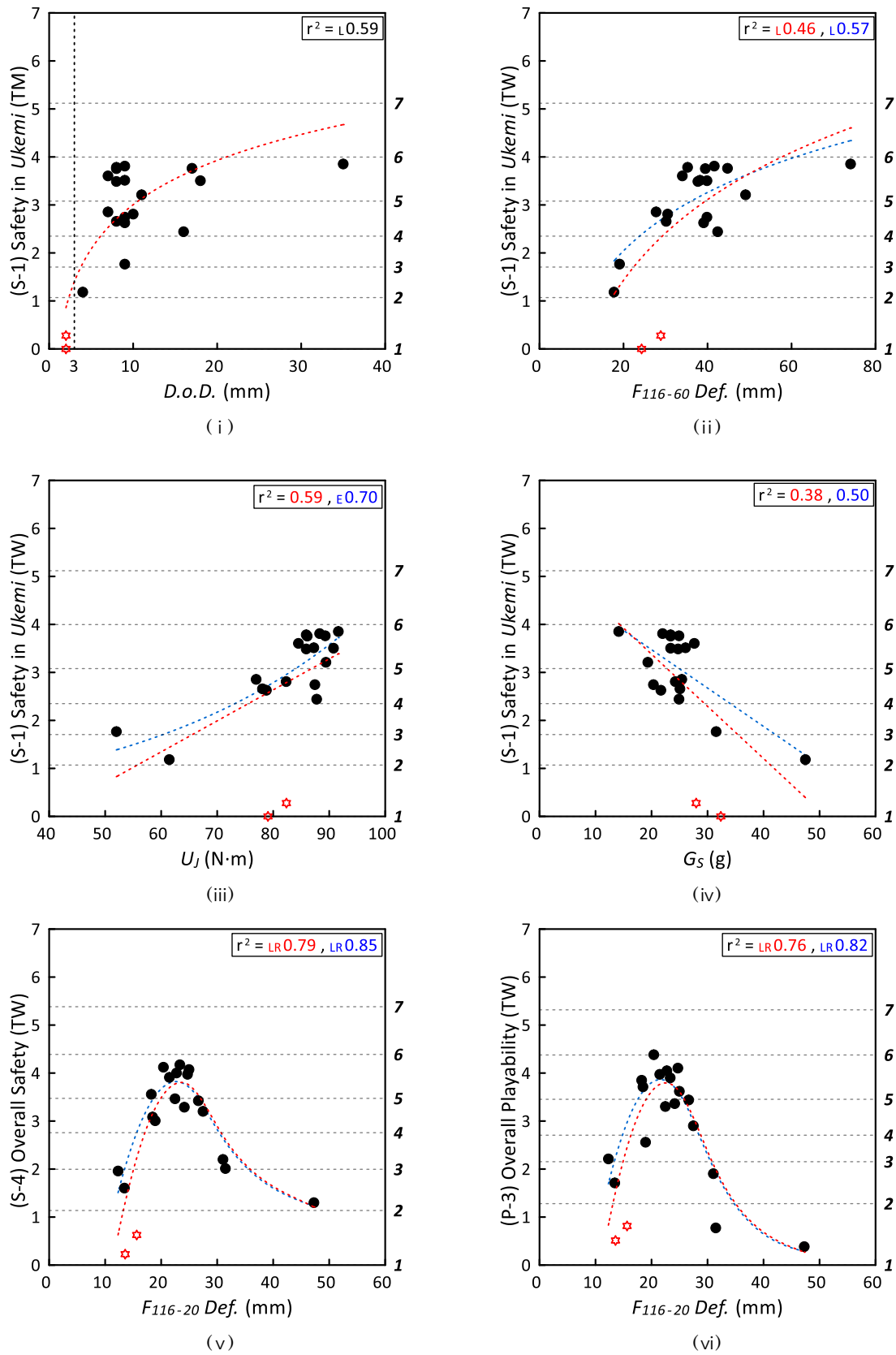


Fig. 5.9 Relations between evaluation scales (S-1, S-4, P-3) and measured indicators on hardness (Red : 20 samples, Blue : 18 samples) (female)

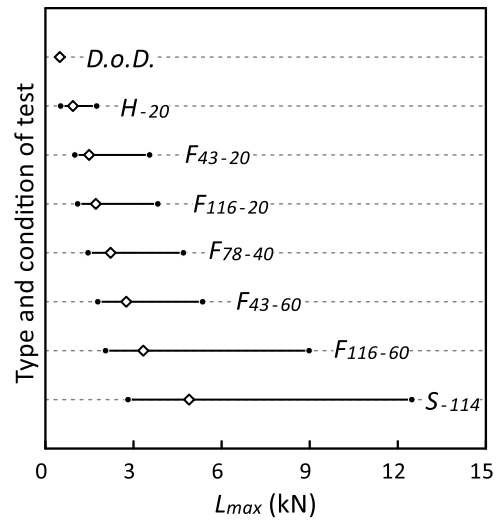


Fig. 5.10 Maximum load in each indicator measurement

5.4 結論

本章では、第3章の結果を受けて、第4章で構成した安全性・競技性尺度と第3章の測定結果との対応性を考察し、既往の柔道場床・畳のかたさ試験方法・指標の妥当性を考察した。

考察の結果、以下の結論を得た。

i) 受身安全性 (S-1) について

AJJF 試験から得られる指標に関しては、男女ともに、 U_f が受身安全性尺度と正の相関を示し、 G_s は負の相関を示す。ただし、表層が一般の柔道床・畳よりかたい場合は、相関関係から外れる傾向を示す。

本研究の範囲では、局部変形性の指標 $D.o.D.$ により、表層がかたい床・畳の検出が可能であり、 $D.o.D.$ の許容値を適切に設定すれば、 U_f および G_s により受身安全性を評価できる可能性がある。

IJF 試験から得られる指標の中では、適切な測定条件における最大変形 $Def.$ により受身安全性を評価できる可能性がある。

ii) 総合安全性 (S-4) について

既往のかたさ指標の中では、男女ともに、適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 $Def.$ により総合安全性を評価できる可能性がある。

iii) 総合競技性 (P-3) について

既往のかたさ指標の中では、男女ともに、適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 $Def.$ により総合競技性を評価できる可能性がある。

また、図示しなかったが、これまでに考察した尺度間の類似性、および Table 5.2 (1), (2) の決定係数(r^2)から判断し、その他の4種評価尺度である、立技安全性 (S-2)、寝技安全性 (S-3)、立技競技性 (P-1)、寝技競技性 (P-2) に関しても、男女ともに、適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 $Def.$ により評価できる可能性があると判断する。

第 6 章
柔道場床のかたさ試験方法・指標
に関する提案

6.1 目的と方法

前章までの考察の結果, AJJF および IJF に規定されている既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標によって, 競技者の安全性および競技性の観点から柔道場床のかたさを評価できる可能性が示された。

しかしながら, 前章までにおいて, 安全性・競技性尺度との相関性が認められた指標である最大変形については, 関連する既往の運動施設床のかたさの研究^{19)~43)}において, 力学的観点からは単独では十分な指標とはいえないことが指摘されている。一方, これらの研究では, 変形に加え荷重も考慮した指標である変形エネルギーが, 多くの場合, 床やサーフェスのかたさを表示するための主要な指標であることも論じられている。

そこで本章では, 前章までに対象とした試験方法について, 変形エネルギーをはじめとするいくつかの指標を新たに算出し, それらの妥当性を考察することを目的とした。また, その際, 測定条件についても, 必要に応じて検討を加えることとした。

本章では, 以下の方法・手順により研究を進めた。

- i) 前章までの結果を踏まえ, かたさ評価尺度の内容・重要性・類似性の観点から, かたさ指標の妥当性の考察を効率的に進めるため, 対象とする尺度を, 当初は男子の受身安全性 (S-1) と総合競技性 (P-3) の 2 尺度とする。
- ii) 前章までの結果を踏まえ, AJJF および IJF の試験方法に関して, 可能性のある試験条件において最大変形と変形エネルギーを算出し, 上記 2 尺度との対応を考察する。必要に応じて, 新たな指標も検討する。
- iii) ii) の結果を受け, 可能性のある指標については, より多くの試験条件について妥当性を考察する。
- iv) 可能性のある指標については, その他の尺度についても, また女子についても妥当性を考察する。
- v) 以上の考察をとりまとめ, 安全性・競技性からみた柔道場床・畳のかたさの指標を, その試験方法とともに, 提案する。

なお, 柔道場床のかたさに関しては, AJJF および IJF の試験方法がすでに公的規格として普及している現状に鑑み, 本研究ではこれらの試験方法の範囲で, よりよい試験条件・指標を検討することとし, 新たな試験方法の考案は今後の課題とした。

6.2 かたさに関する評価尺度と指標の関係の再検討

6.2.1 尺度と最大変形および変形エネルギーの関係の考察

本項では、Table 6.1 に示した試験方法・条件を対象として、Table 6.2 に示した 3 指標を算出した。その内訳は、最大変形 $Def.$ 、 $Def.$ とそれに至るまでの作用時間 Δt の積、および変形エネルギー E である。Fig. 6.1 に、各指標の説明図を示す。

Table 6.1 List of test methods and conditions

	Indicator on hardness	Weight (kg)	Diameter (mm)	Fall height (mm)	Abbreviation
AJJF Test methods	U_J (N·m)	10.5	200	1140	U_J (S_{-114} Energy)
	Deflection (mm)				S_{-114} Def.
	Deflection (mm)	3.75	50	200	H_{-20} Def.
IJF Test methods	Deflection (mm)	8	43	200	F_{43-20} Def.
				400	F_{43-40} Def.
				600	F_{43-60} Def.
			78	200	F_{78-20} Def.
				400	F_{78-40} Def.
				600	F_{78-60} Def.
			116	200	F_{116-20} Def.
				400	F_{116-40} Def.
				600	F_{116-60} Def.

Table 6.2 List of basic and composite indicators on hardness (step1)

Indicators on hardness	Description
$Def.$	Maximum deflection
$Def. \cdot \Delta t$	
E	Energy up to $Def.$

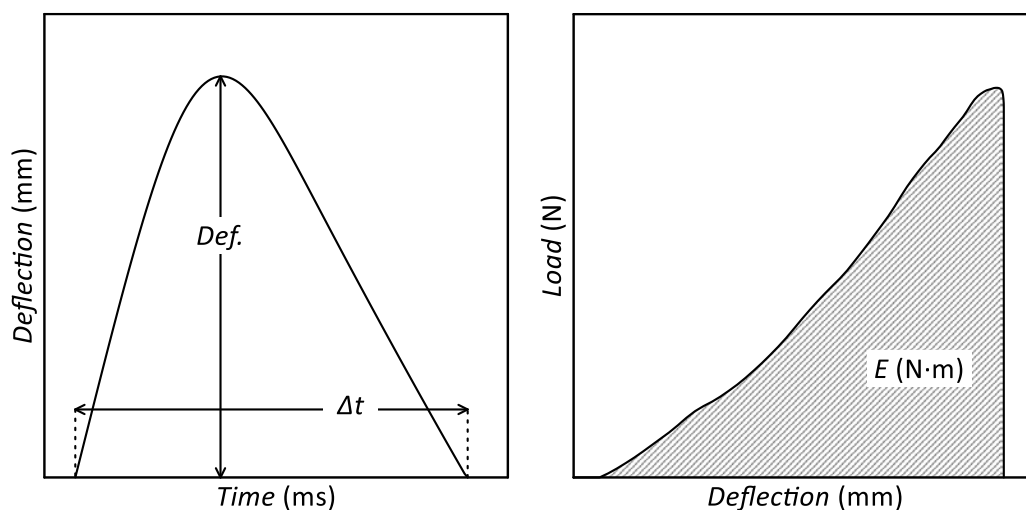


Fig. 6.1 Calculation method of basic indicators on hardness

また、本項では、4種の測定条件(S_{114} , H_{20} , F_{78-40} , F_{116-20})を対象として、それぞれについて Table 6.2 の3指標、計12種の数量を求めた。

なお、AJJF試験方法で用いられる頭部モデルの場合、測定対象とする床面に頭皮を想定したゴムシートを設置して測定をおこなう。そのため、算出される最大変形 $H_{20} Def.$ および $H_{20} E$ には、ゴムシートに由来する変形とエネルギーも含まれる、見かけの値ではことに留意する必要がある。

Table 6.3 に、本項で対象とした、かたさに関する2種の評価尺度、S-1、P-3と、3種の指標、延べ12種の数量に対しておこなった回帰分析の決定係数 (r^2) を示す。

また、Fig. 6.2～6.5 の(a)～(x)に、2尺度と12種の数量の対応図、計24図を示す。

これらの図表から、以下を考察した。

Table 6.3 Coefficients of determination (r^2) between evaluation scales and measured indicators on hardness (step1) (male)

		S_{114}	H_{20}	F_{78-40}	F_{116-20}
S-1	$Def.$	e0.36	i0.78	i0.74	i0.71
	$Def. * \Delta t$	0.37	i0.80	i0.63	i0.60
	E	e0.40	0.15	i0.72	i0.11
P-3	$Def.$	q0.12	LR0.80	LR0.62	LR0.76
	$Def. * \Delta t$	q0.29	LR0.82	LR0.40	LR0.55
	E	LR0.26	q0.58	q0.41	0.00

note : Explanation of prefixes of r^2 values

$r^2 =$ 0.90 : Linear function regression

i0.90 : Logarithm function regression

e0.90 : Exponential function regression

q0.90 : Quadratic function regression

LR0.90 : Local regression

Table 6.4 List of graphs of the relations between evaluation scales and measured indicators on hardness (step1) (male)

		S_{114}	H_{20}	F_{78-40}	F_{116-20}
S-1	$Def.$	(a)	(b)	(g)	(h)
	$Def. * \Delta t$	(c)	(d)	(i)	(j)
	E	(e)	(f)	(k)	(l)
P-3	$Def.$	(m)	(n)	(s)	(t)
	$Def. * \Delta t$	(o)	(p)	(u)	(v)
	E	(q)	(r)	(w)	(x)

(1) 受身安全性 (S-1) と最大変形 $Def.$ の関係の考察

- i) Fig. 6.2 (a)に、AJJF試験に使用される「柔道場床の緩衝性測定装置」^{6), 7)}で測定される最大変形 $S_{114} Def.$ と受身安全性 (S-1) の関係を示す。図から、表層のかたい2試験体を除くと、S-1 と $S_{114} Def.$ の間にはおおそ線形の相関が認められる。ただし、同装置の場合、Fig. 6.2 (e)に示した変形エネルギー $S_{114} E (=U_J)$ のほうが、相対的に S-1 とよい対応を示すこともわかる。
- ii) Fig. 6.2 (b)に、AJJF試験に使用される「転倒衝突時の床のかたさ測定装置」^{39), 40)}で測定・算出される最大変形 $H_{20} Def.$ と受身安全性 (S-1) の関係を示す。両者には良い相関が認められる。

- iii) Fig. 6.3 (g)に、IJF 試験方法で測定される $F_{78-40} Def.$ と受身安全性 (S-1) の関係を示す。両者には良い相関が認められる。IJF 規格では試験条件 F_{78-40} における $Def.$ の算出は規定されていないが、S-1 と同 $Def.$ の対応は良好である。
- iv) Fig. 6.3 (h)は、Fig. 5.5 (25)の再掲であるが、S-1 と $F_{116-20} Def.$ の相関は良い。

(2) 受身安全性 (S-1) と複合指標 $Def.*\Delta t$ の関係の考察

- i) Fig. 6.2 (c)に、AJJF 試験方法で測定・算出される複合指標 $S_{114} Def.*\Delta t$ と受身安全性 (S-1) の関係を示す。図から、表層のかたい2試験体を除くと、S-1 と $S_{114} Def.*\Delta t$ の間にはおおそ線形の相関が認められる。しかし、前述した最大変形 $Def.$ と比べた場合、 Δt を複合した効果はさほど認められない。
- ii) Fig. 6.2 (d)に、AJJF 試験方法で測定・算出される $H_{20} Def.*\Delta t$ と S-1 の関係を示す。両者には良い相関が認められる。しかし、上記と同様に、 Δt を複合した効果はさほど認められない。
- iii) Fig. 6.3 (i)に、IJF 試験方法で測定される $F_{78-40} Def.*\Delta t$ と受身安全性 (S-1) の関係を示す。両者には良い相関が認められる。しかし、 Δt を複合した効果は認められない。
- iv) Fig. 6.3 (j)に、S-1 と $F_{116-20} Def.*\Delta t$ の関係を示す。両者の相関は良い。しかし、 Δt を複合した効果は認められない。

(3) 受身安全性 (S-1) と変形エネルギー E の関係の考察

- i) Fig. 6.2 (e)に、AJJF 試験方法で測定・算出される変形エネルギー $S_{114} E(=U_J)$ と受身安全性 (S-1) の関係を示す。Fig. 6.2 (e)は Fig. 5.1 (1)の再掲であるが、図から、表層のかたい2試験体を除くと、S-1 と $S_{114} E(=U_J)$ の間には相関が認められる。
- ii) Fig. 6.2 (f)に、AJJF 試験方法で測定・算出される $H_{20} E$ と S-1 の関係を示す。両者には良い相関は認められない。
また、 $H_{20} E$ の場合、20 試験体の $H_{20} E$ の最小値と最大値の差が5%程度と小さい。このことから、頭部モデルのように装置内部に緩衝部を有さず、剛体に近い金属製衝突モデルの場合は、かたい床と柔らかい床の変形エネルギーの差が小さく、かたさの判別力に課題があると考ええる。
- iii) Fig. 6.3 (k)に、IJF 試験方法から測定・算出した変形エネルギー $F_{78-40} E$ と S-1 の関係を示す。両者には良い相関が認められる。
ただし、 $F_{78-40} E$ の場合、衝突モデルが剛体に近い金属製モデルであることに加え、AJJF の頭部モデルによる試験方法とは異なり、床にゴムシートを敷くこともないことから、20 試験体の $F_{78-40} E$ の最小値と最大値の差は1%程度とさらに小さい。測定の精度・再現性を考慮したとき、剛体に近い金属製衝突モデルの場合は、変形エネルギーによるかたさの判別には課題が残ると考える。
- iv) Fig. 6.3 (l)に、S-1 と $F_{116-20} E$ の関係を示す。両者には良い相関は認められない。 $F_{116-20} E$ の場合も、20 試験体の最小値と最大値の差は2%程度と小さい。

(4) 総合競技性 (P-3) と最大変形 $Def.$ の関係の考察

- i) Fig. 6.4 (m)に, AJJF 試験方法で測定される最大変形 $S_{114} Def.$ と総合競技性 (P-3) の関係を示す。両者には良い相関は認められない。
- ii) Fig. 6.4 (n)に, AJJF 試験方法で測定・算出される最大変形 $H_{20} Def.$ と総合競技性 (P-3) の関係を示す。両者には良い相関が認められる。
- iii) Fig. 6.5 (s)に, IJF 試験方法で測定される $F_{78-40} Def.$ と総合競技性 (P-3) の関係を示す。両者には比較的良好な相関が認められる。IJF 規格では試験条件 F_{78-40} における $Def.$ の算出は規定されていないが, S-1 と同 $Def.$ の対応は良好である。ただし, 衝突モデルの落下高さが 20cm の結果である, Fig. 6.4 (n)および Fig. 6.5 (t)と比較すると, 相関はやや低い。
- iv) Fig. 6.5 (t)は, Fig. 5.5 (29)の再掲であるが, P-3 と $F_{116-20} Def.$ の相関は良い。

(5) 総合競技性 (P-3) と複合指標 $Def. * \Delta t$ の関係の考察

- i) Fig. 6.4 (o)に, AJJF 試験方法で測定・算出される $S_{114} Def. * \Delta t$ と P-3 の関係を示す。両者に相関は認められない。
- ii) Fig. 6.4 (p)に, AJJF 試験方法で測定・算出される $H_{20} Def. * \Delta t$ と P-3 の関係を示す。両者には良い相関が認められる。しかし, Fig. 6.4 (n)と比較して, Δt を複合した効果はさほど認められない。
- iii) Fig. 6.5 (u)に, IJF 試験方法で測定される $F_{78-40} Def. * \Delta t$ と P-3 の関係を示す。両者には相関が認められる。しかし, Fig. 6.4 (s)と比較して, Δt を複合した効果は認められない。
- iv) Fig. 6.5 (v)に, P-3 と $F_{116-20} Def. * \Delta t$ の関係を示す。両者には, 相関が認めれるが, しかし, Fig. 6.4 (t)と比較して, Δt を複合した効果は認められない。

(6) 総合競技性 (P-3) と変形エネルギー E の関係の考察

- i) Fig. 6.4 (q)に, AJJF 試験方法で測定・算出される $S_{114} E (=U_J)$ と P-3 の関係を示す。表層のかたい2試験体を除くと, 両者にはおおよその相関が認められる。
- ii) Fig. 6.4 (r)に, AJJF 試験方法で測定・算出される $H_{20} E$ と P-3 の関係を示す。両者にはおおよそ山型の相関が認められる。
- iii) Fig. 6.5 (w)に, IJF 試験方法で測定される $F_{78-40} E$ と P-3 の関係を示す。両者には明瞭な相関は認められない。
- iv) Fig. 6.5 (x)に, P-3 と $F_{116-20} E$ の関係を示す。両者は, 明瞭な相関は認められない。

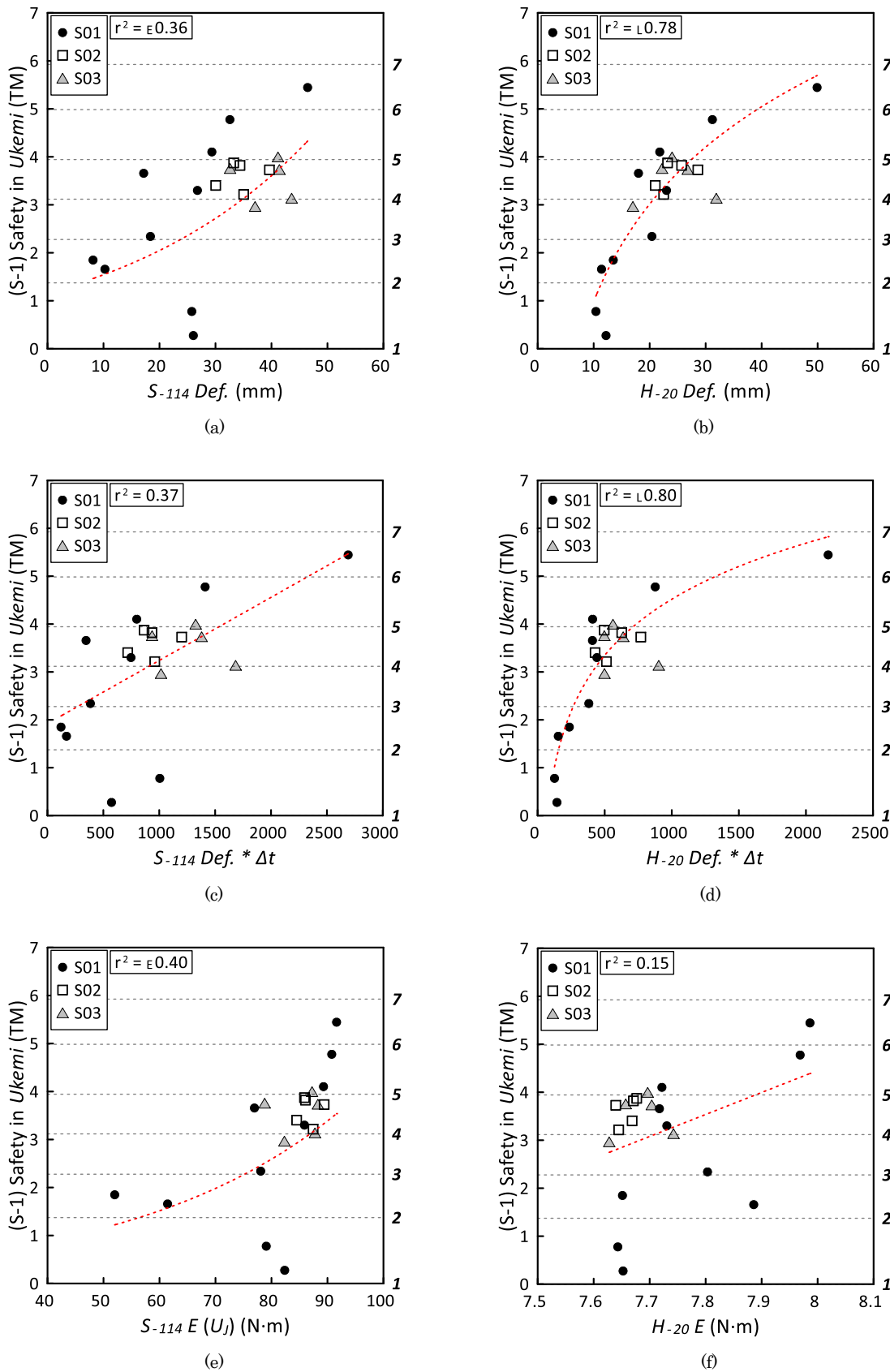


Fig. 6.2 Relations between Safety in *Ukemi* and measured indicators on hardness (S_{-114} and H_{-20})

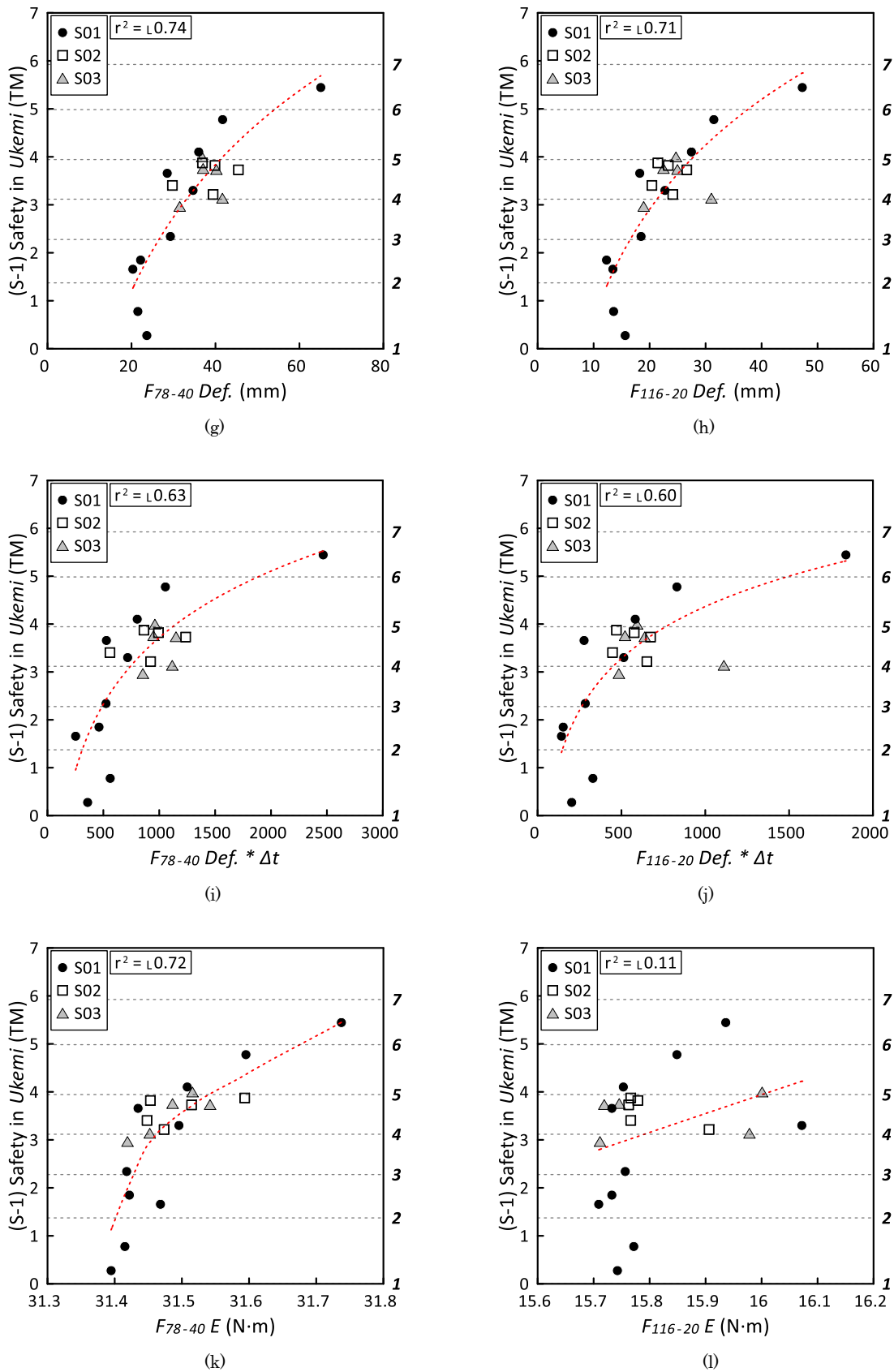


Fig. 6.3 Relations between Safety in *Ukemi* and measured indicators on hardness (F_{78-40} and F_{116-20})

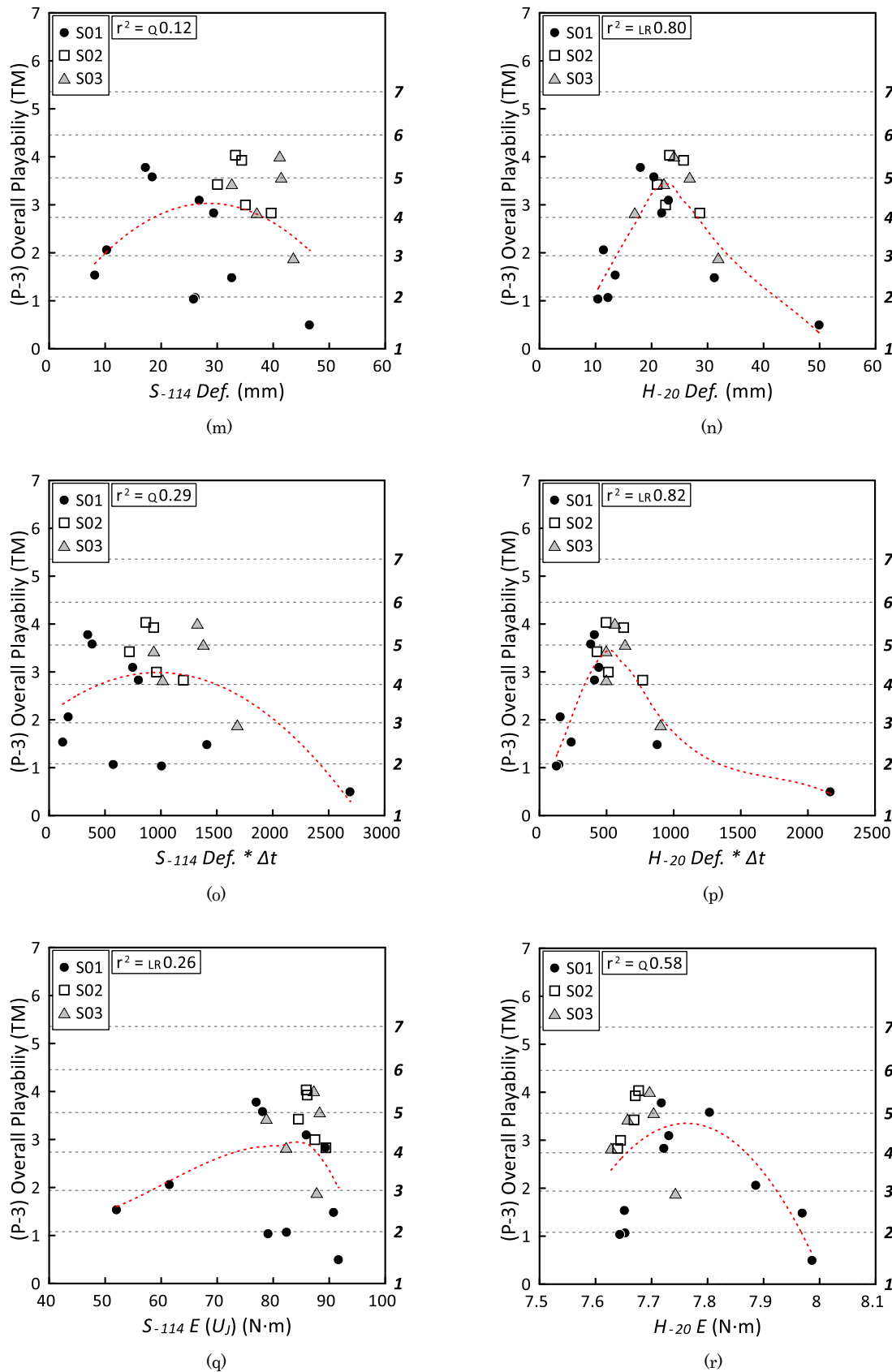


Fig. 6.4 Relations between Overall Playability and measured indicators on hardness (S_{-114} and H_{-20})

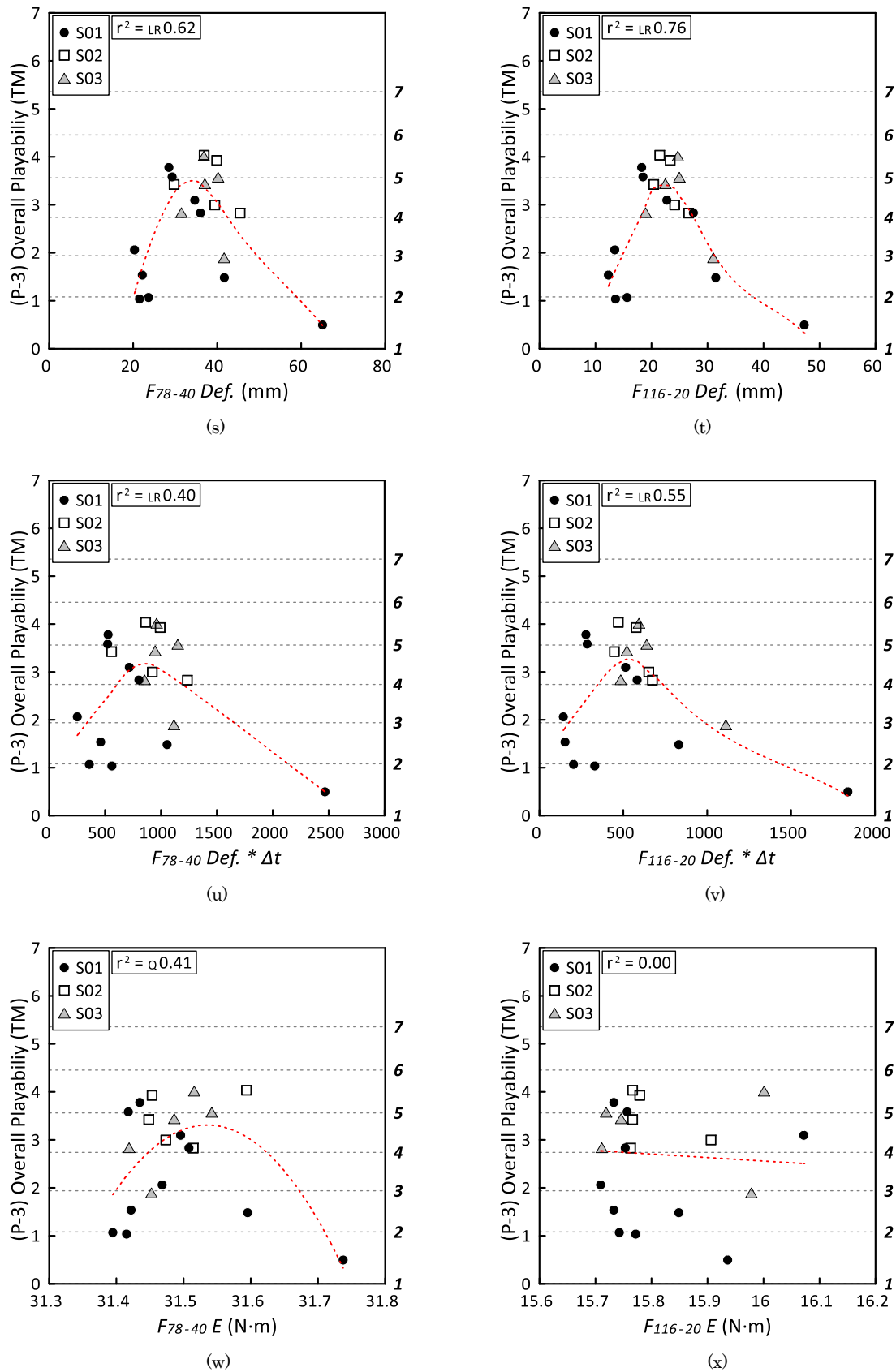


Fig. 6.5 Relations between Overall Playability and measured indicators on hardness (F_{78-40} and F_{116-20})

6.2.2 変形エネルギーを参考とした新たな指標の検討

6.1 で述べたように、既往の研究^{19)~43)}では、床やサーフェスのかたさの主要な指標として、変形エネルギーが用いられることが多い。一方、前項の考察の結果、剛体に近い衝突モデルを用いる場合は、床のかたさが大きく異なる場合でも、変形エネルギーの差は小さいことが示された。また、これまでの考察を通じて、変形の寄与を高めた指標の有効性が示唆された。

そこで本項では、Table 6.5 に示す 2 種の指標、「 $E \cdot D$ 」と「 $E_{DL.5}$ 」を新たに検討することとした。

Table 6.5 List of basic and composite indicators on hardness (step2)

Indicators on hardness	Description
$E \cdot D$	Energy up to $Def.$
$E_{DL.5}$	Weighting coefficient ($Def.$): 1.5

ここに、「 $E \cdot D$ 」とは、Fig. 6.6 および下式に示すように、変形エネルギーを求めるための荷重・変形曲線において、変形エネルギーの微小要素にその位置での変形量を重み付けした積分分量である。なお、 $E \cdot D$ は物理的には明確な意味をもたないことから、無次元量とした。

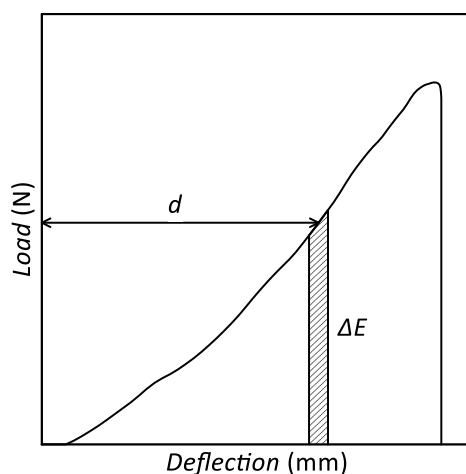


Fig. 6.6 Calculation method of indicators on hardness

$$E \cdot D = \int_0^{Def.} \Delta E \cdot x \, dx$$

また、「 $E_{DL.5}$ 」とは、Fig.6.7 に示すように、変形の重み付け操作として、変形を 1.5 乗した後、変形エネルギーに相当する量を積分計算したものである。 $E_{DL.5}$ も無次元量である。

Table 6.6 に、本項で対象とした、かたさに関する 2 種の評価尺度、S-1、P-3 と、選定した 3 種の測定条件に関する、上述した 2 種の指標、延べ 6 種の数量に対しておこなった回帰分析の決定係数 (r^2) を示す。

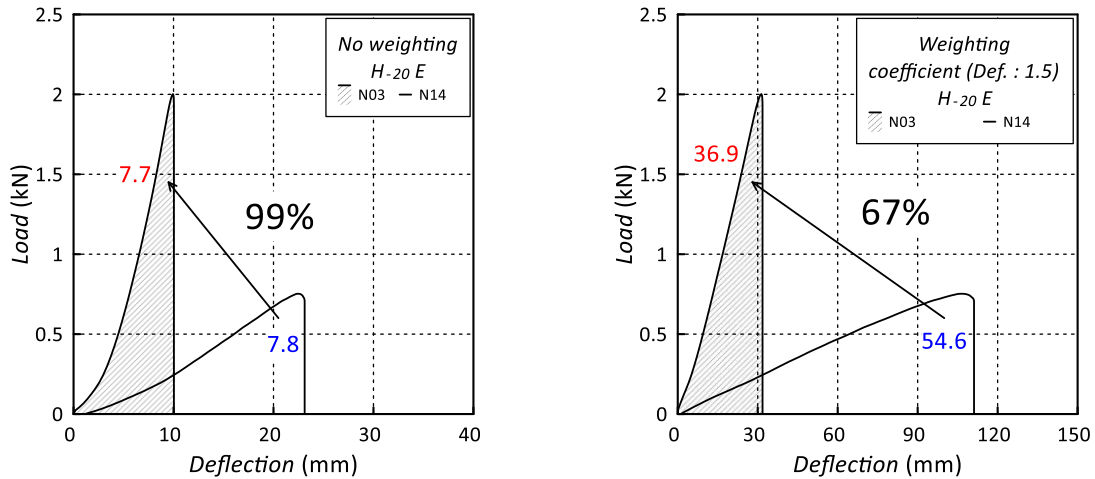


Fig. 6.7 Concept and Examples of weight-calculated energy

Table 6.6 Coefficients of determination (r^2) between evaluation scales and measured indicators on hardness (step2) (male)

		H_{-20}	F_{78-40}	F_{116-20}
S-1	$E_{.D}$	$\text{L}0.78$	$\text{L}0.78$	$\text{L}0.66$
	$E_{.D1.5}$	$\text{L}0.67$	$\text{L}0.80$	$\text{L}0.67$
P-3	$E_{.D}$	$\text{LR}0.88$	$\text{LR}0.77$	$\text{LR}0.79$
	$E_{.D1.5}$	$\text{LR}0.80$	$\text{LR}0.78$	$\text{LR}0.83$

note : Explanation of prefixes of r^2 values

 $r^2 = \text{L}0.90$: Logarithm function regression

 $\text{LR}0.90$: Local regression

Table 6.7 List of graphs of the relations between evaluation scales and measured indicators on hardness (step2) (male)

		H_{-20}	F_{78-40}	F_{116-20}
S-1	$E_{.D}$	(a)	(c)	(e)
	$E_{.D1.5}$	(b)	(d)	(f)
P-3	$E_{.D}$	(g)	(i)	(k)
	$E_{.D1.5}$	(h)	(j)	(l)

また、Fig. 6.8, 6.9 の(a)～(l)に、2 尺度と 6 種の数量の対応図、計 12 図を示す。

これらの図表から、以下を考察した。

(1) 受身安全性 (S-1) と $E_{.D}$ および $E_{.D1.5}$ の関係の考察

Fig. 6.8 (a)～(f)から、いずれの測定条件でも、 $E_{.D}$ および $E_{.D1.5}$ は S-1 と良い相関を示す。ただし、前項の Fig. 6.2 (b), Fig. 6.3 (g), (h)に示した最大変形 $Def.$ と比較して、尺度との相関性の観点からは、重み付け積分した効果は明瞭とはいえない。

(2) 総合競技性 (P-3) と $E_{.D}$ および $E_{.D1.5}$ の関係の考察

Fig. 6.9 (g)～(l)から、いずれの測定条件でも、 $E_{.D}$ および $E_{.D1.5}$ は P-3 と良い相関を示す。また、前項の Fig. 6.4 (n), Fig. 6.5 (s), (t)に示した $Def.$ と比較して、尺度との相関性の観点から、重み付け積分した効果が認められる。

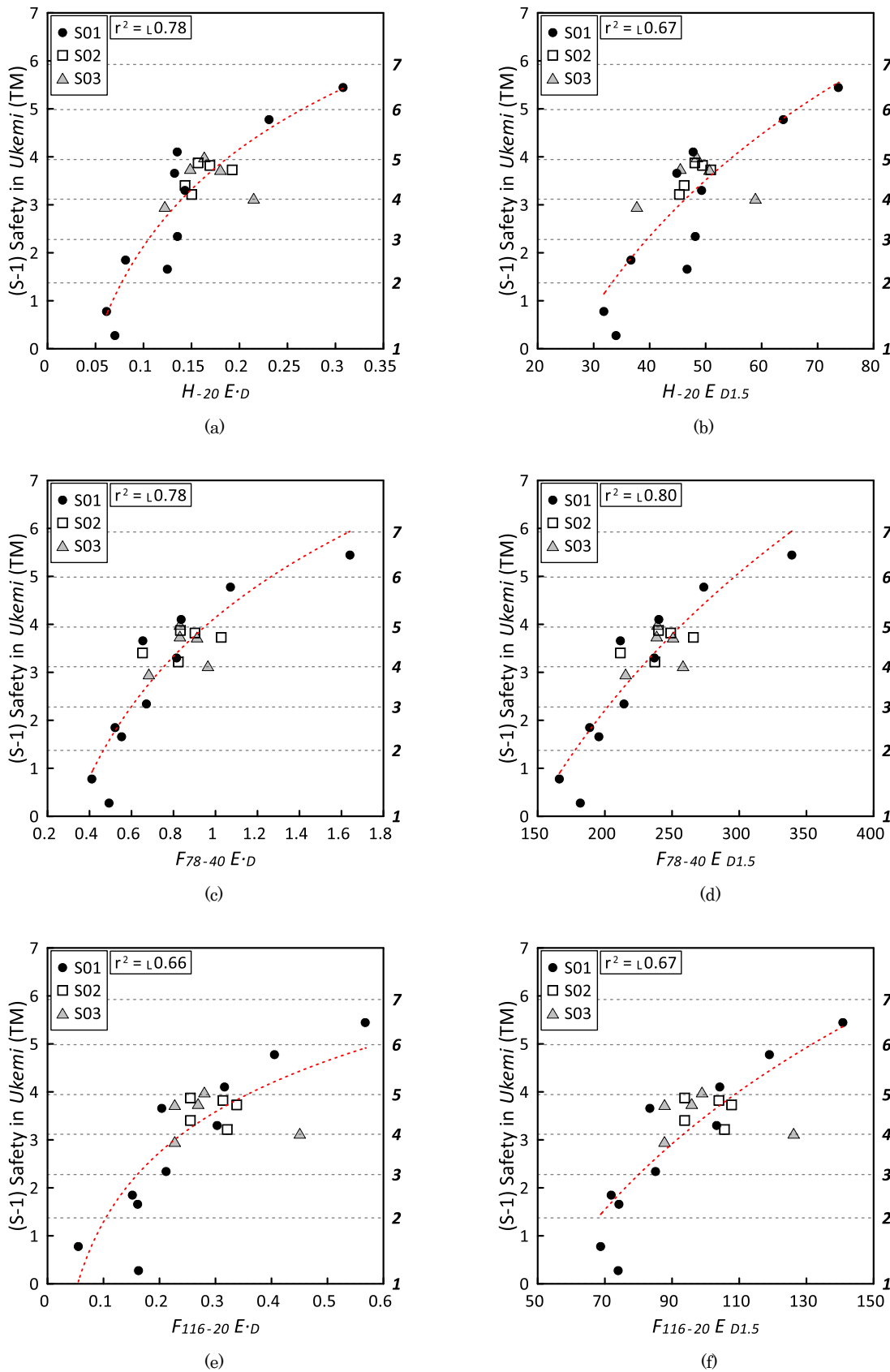


Fig. 6.8 Relations between Safety in *Ukemi* and measured indicators on hardness (H_{-20} , F_{78-40} , F_{116-20})

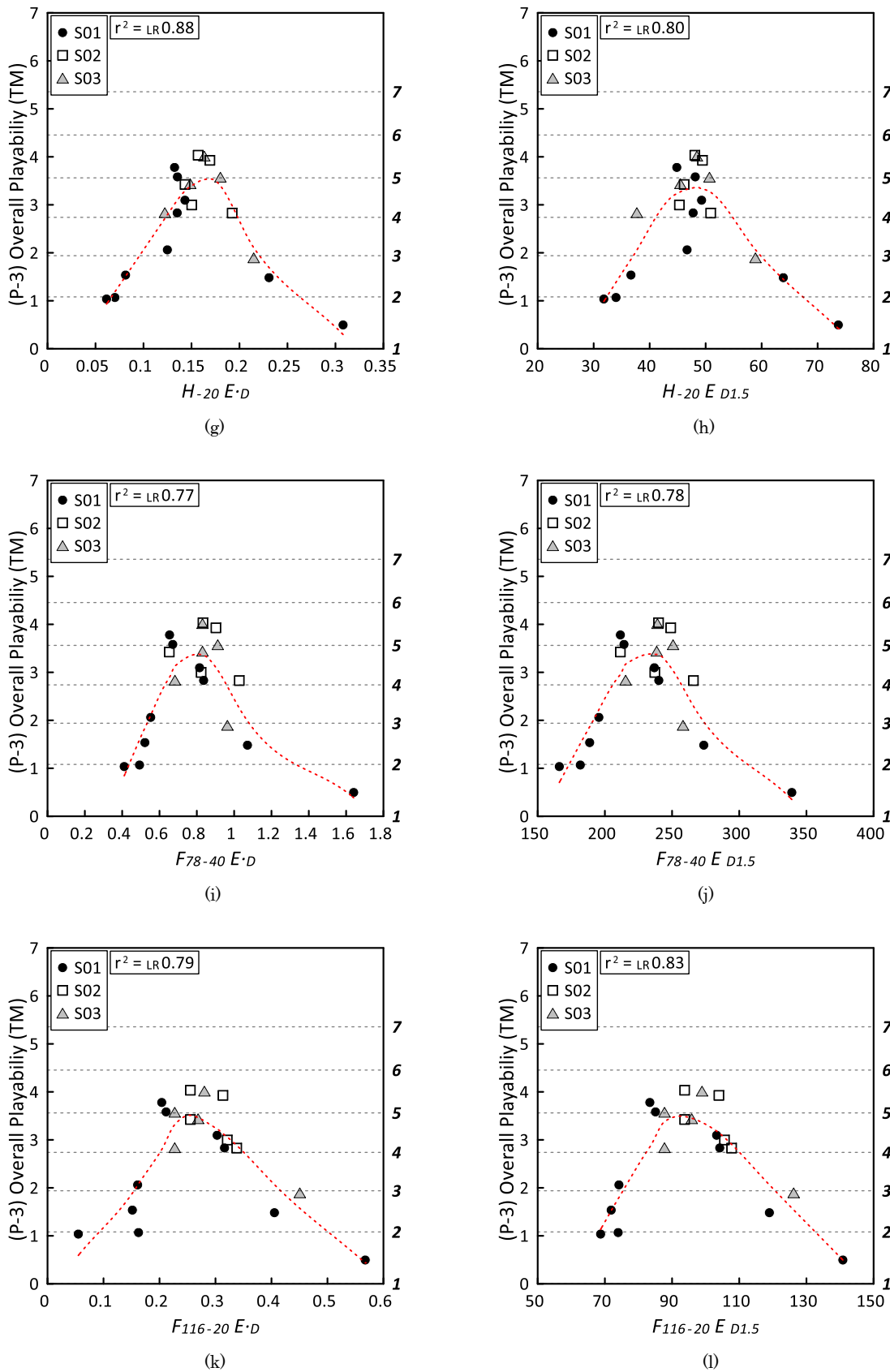


Fig. 6.9 Relations between Overall Playability and measured indicators on hardness (H_{-20} , F_{78-40} , F_{116-20})

6.2.3 尺度と $E \cdot D$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察

前項の結果を受けて、本項では、Table 6.1 に示した 11 種の測定条件のうち、 S_{114} を除く、10 種の条件について、最大変形 $Def.$ との比較において、 $E \cdot D$ および $E_{D1.5}$ の有効性をさらに検討することとした。

Table 6.8 に、本項で対象とした、かたさに関する 2 種の評価尺度、S-1、P-3 と、選定した 10 種の測定条件に関する、上述した 3 種の指標、延べ 30 種の数量に対しておこなった回帰分析の決定係数 (r^2) を示す。

Table 6.8 Coefficients of determination (r^2) between evaluation scales and measured indicators on hardness (step3) (male)

		H_{20}	F_{43-20}	F_{43-40}	F_{43-60}	F_{78-20}	F_{78-40}	F_{78-60}	F_{116-20}	F_{116-40}	F_{116-60}
S-1	$Def.$	L0.78	L0.79	L0.72	L0.73	L0.75	L0.74	L0.65	L0.71	L0.61	L0.60
	E_D	L0.78	L0.81	L0.75	L0.71	L0.76	L0.78	L0.73	L0.66	L0.70	L0.65
	$E_{D1.5}$	L0.67	L0.81	L0.76	L0.72	L0.76	L0.80	L0.73	L0.67	L0.71	L0.65
P-3	$Def.$	LR0.80	LR0.75	LR0.56	LR0.56	LR0.75	LR0.65	LR0.56	LR0.75	LR0.53	LR0.41
	E_D	LR0.88	LR0.82	LR0.67	LR0.56	LR0.83	LR0.77	LR0.72	LR0.79	LR0.69	LR0.44
	$E_{D1.5}$	LR0.80	LR0.73	LR0.68	LR0.53	LR0.83	LR0.78	LR0.73	LR0.83	LR0.71	LR0.38

note : Explanation of prefixes of r^2 values

$r^2 =$ L0.90 : Logarithm function regression

LR0.90 : Local regression

Table 6.9 List of graphs of the relations between evaluation scales and measured indicators on hardness (step3) (male)

		H_{20}	F_{43-20}	F_{43-40}	F_{43-60}	F_{78-20}	F_{78-40}	F_{78-60}	F_{116-20}	F_{116-40}	F_{116-60}
S-1	$Def.$										
	E_D		(1)	(3)	(5)	(7)	(9)	(11)	(13)	(15)	(17)
	$E_{D1.5}$		(2)	(4)	(6)	(8)	(10)	(12)	(14)	(16)	(18)
P-3	$Def.$										
	E_D		(19)	(21)	(23)	(25)	(27)	(29)	(31)	(33)	(35)
	$E_{D1.5}$		(20)	(22)	(24)	(26)	(28)	(30)	(32)	(34)	(36)

また、Fig. 6.10～6.15 の(1)～(36)に、2 尺度と 30 種の数量の対応図のうち、代表的なもの計 36 図を示す。

これらの図表から、以下を考察した。

(1) 受身安全性 (S-1) と $E \cdot D$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察

Fig. 6.10～6.12 の(1)～(18)から、いずれの測定条件でも、 $E \cdot D$ および $E_{D1.5}$ は S-1 と良い相関を示す。また、Table 6.8 に示した決定係数の比較から、最大変形 $Def.$ と比較して、ほとんどの測定条件において、若干ではあるが重み付け積分の効果が見て取れる。

(2) 総合競技性 (P-3) と $E \cdot D$ および $E_{D1.5}$ の関係の考察

Fig. 6.13～6.15 の(19)～(36)から、いずれの測定条件でも、 $E \cdot D$ および $E_{D1.5}$ は P-3 と良い相関を示す。また、Table 6.8 に示した決定係数の比較から、 $Def.$ と比較して、大半の測定条件において、重み付け積分の効果が認められる。特に、衝突モデルの落下高さが低い条

件での効果が顕著である。

なお、以上の考察から、本研究の範囲では、 $E \cdot D$ と $E_{DI.5}$ の相関が高いこと、重み付けの効果が同等であること、さらに重み付けの操作の物理的理解が容易ないことを考慮し、以降においては、 $E \cdot D$ に関して論を進めることとした。

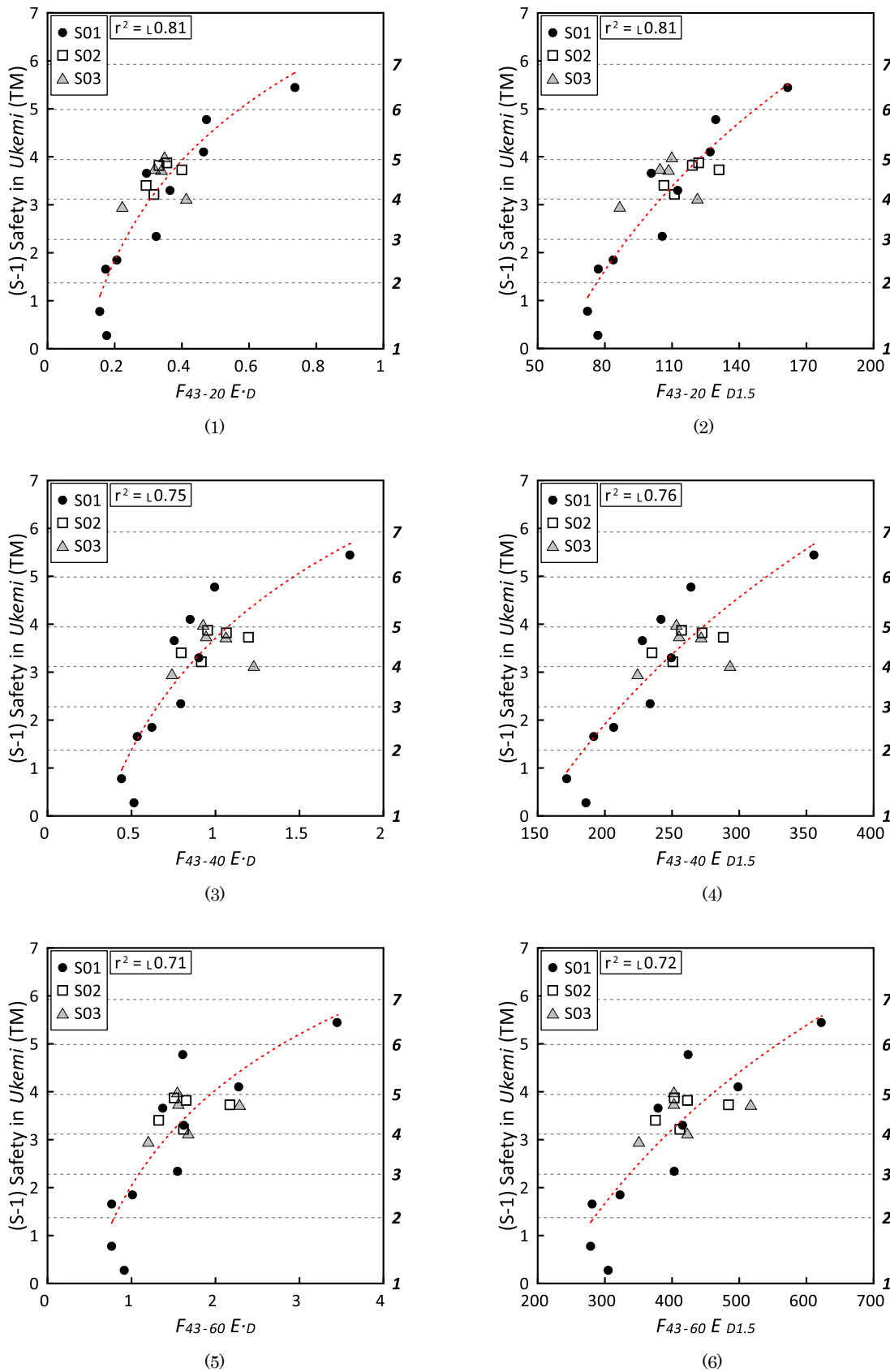
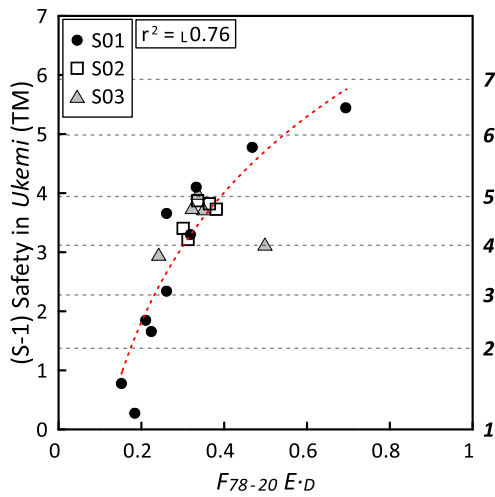
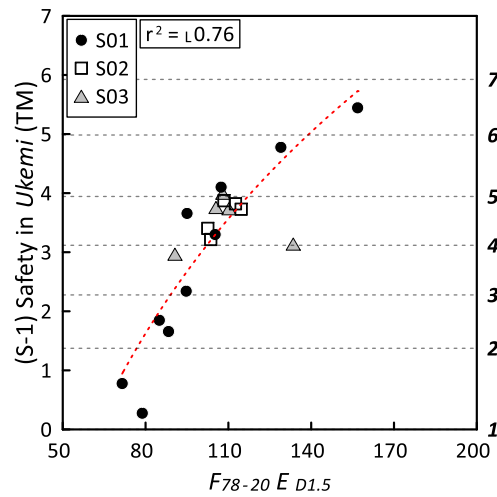


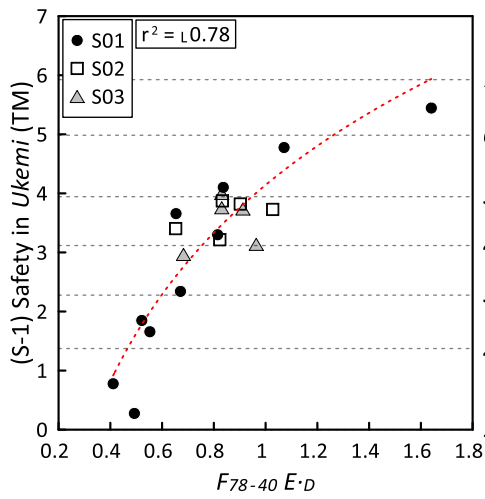
Fig. 6.10 Relations between Safety in *Ukemi* and measured indicators on hardness (F_{43-20} , F_{43-40} , F_{43-60})



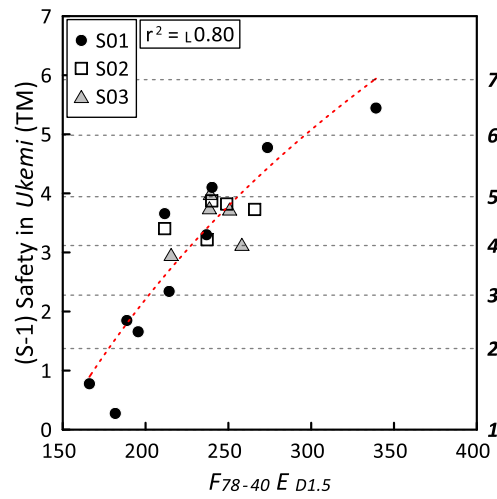
(7)



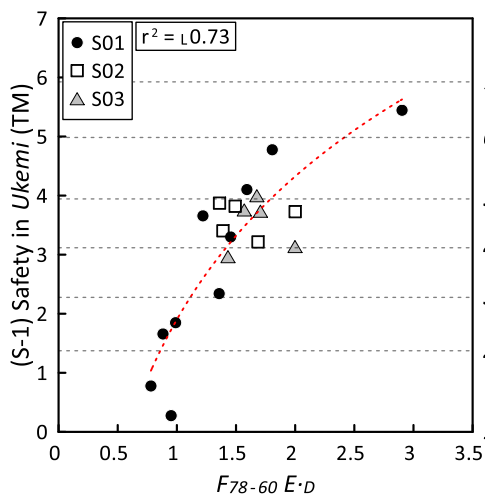
(8)



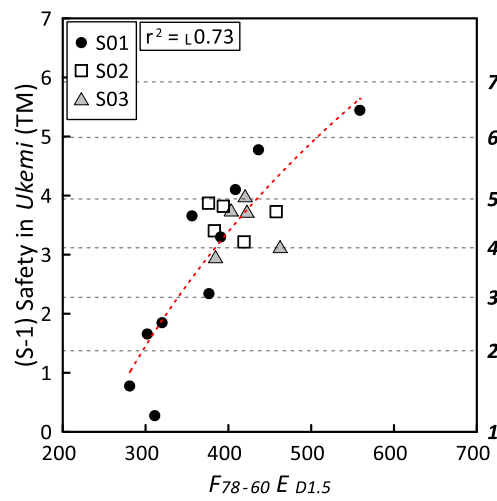
(9)



(10)

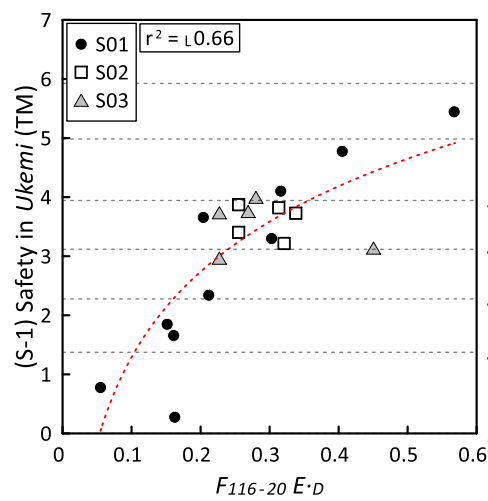


(11)

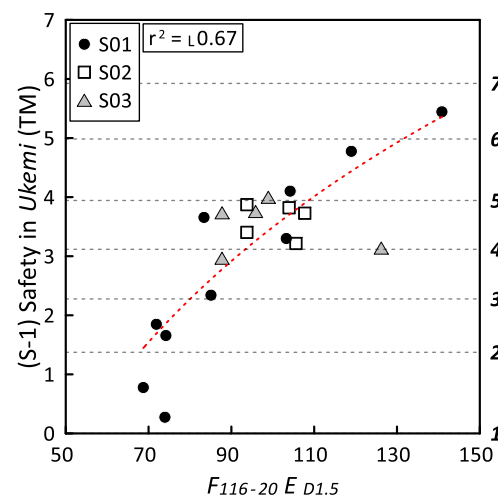


(12)

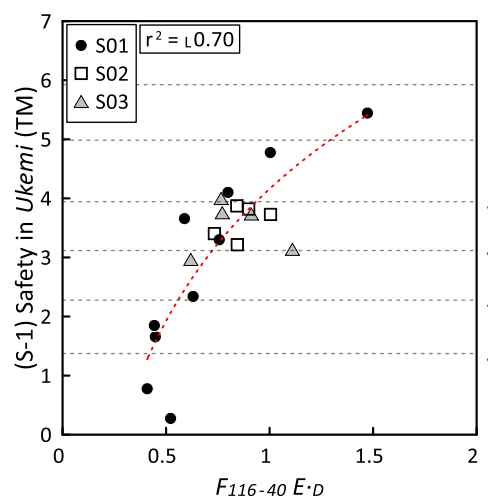
Fig. 6.11 Relations between Safety in *Ukemi* and measured indicators on hardness (F_{78-20} , F_{78-40} , F_{78-60})



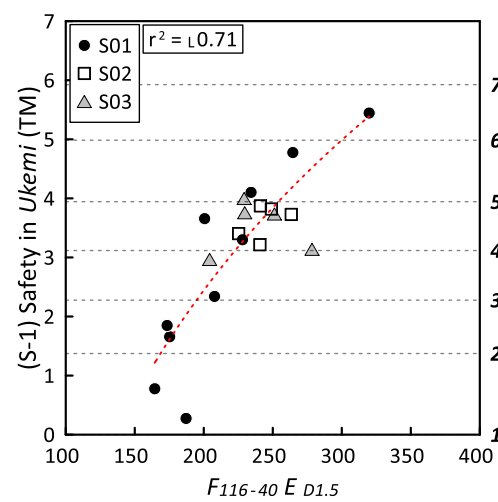
(13)



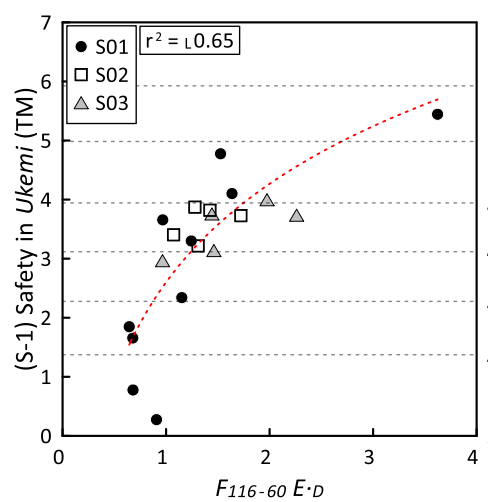
(14)



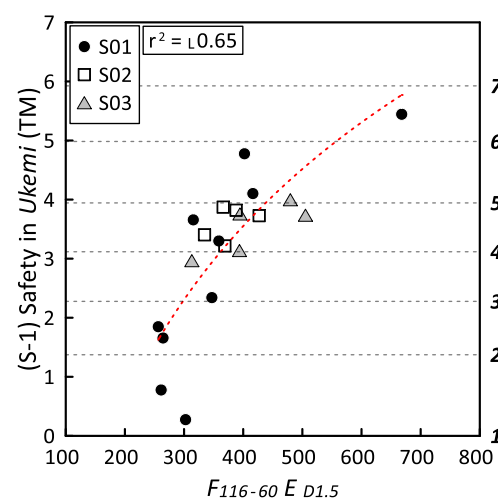
(15)



(16)

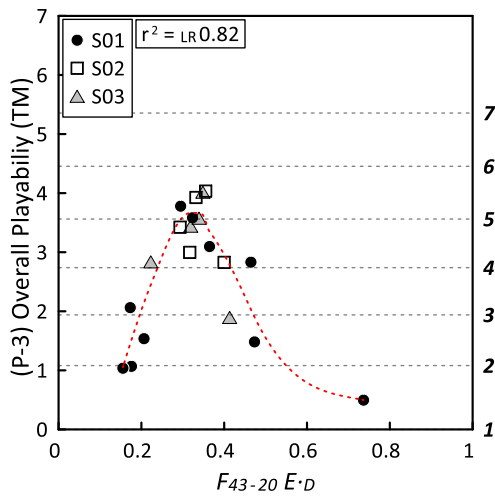


(17)

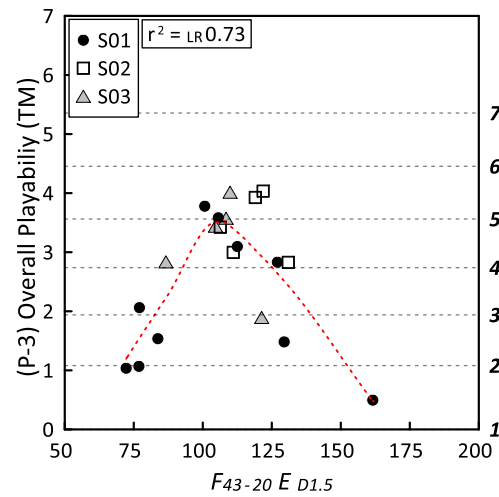


(18)

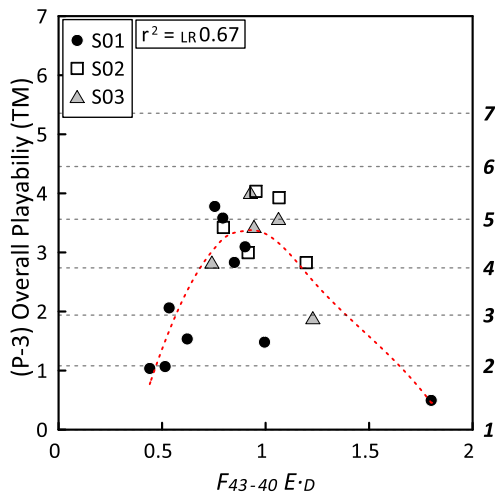
Fig. 6.12 Relations between Safety in *Ukemi* and measured indicators on hardness (F_{116-20} , F_{116-40} , F_{116-60})



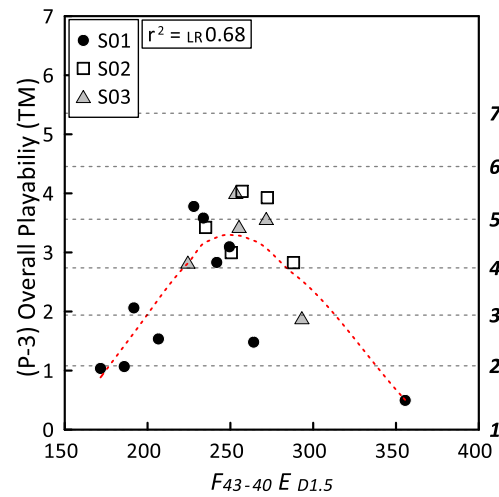
(19)



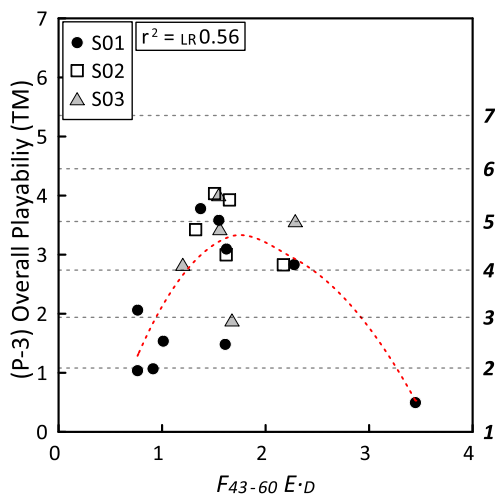
(20)



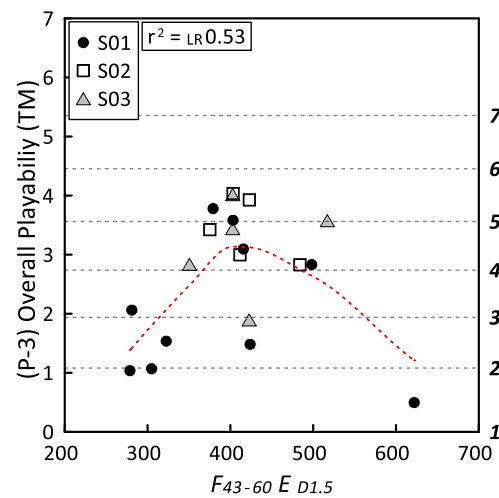
(21)



(22)



(23)



(24)

Fig. 6.13 Relations between Overall Playability and measured indicators on hardness (F_{43-20} , F_{43-40} , F_{43-60})

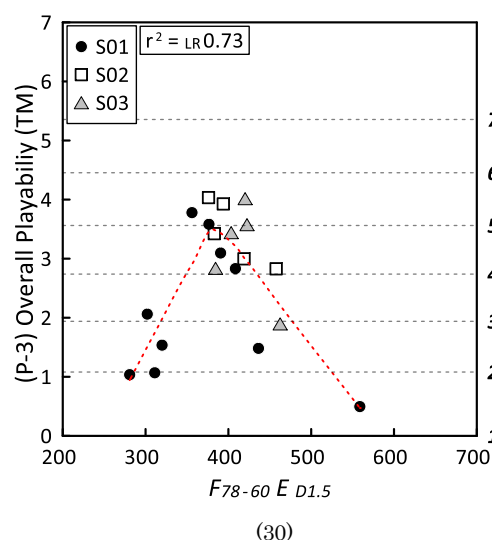
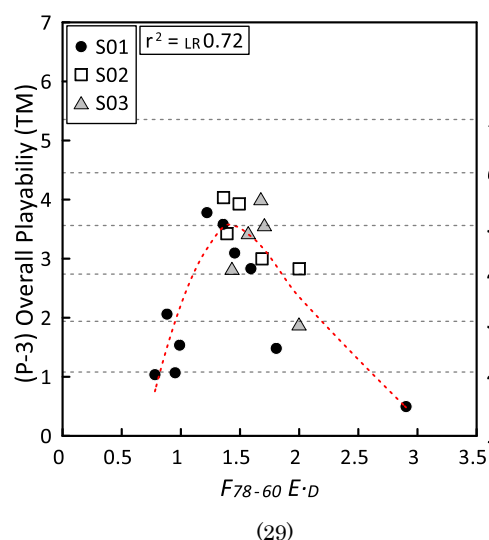
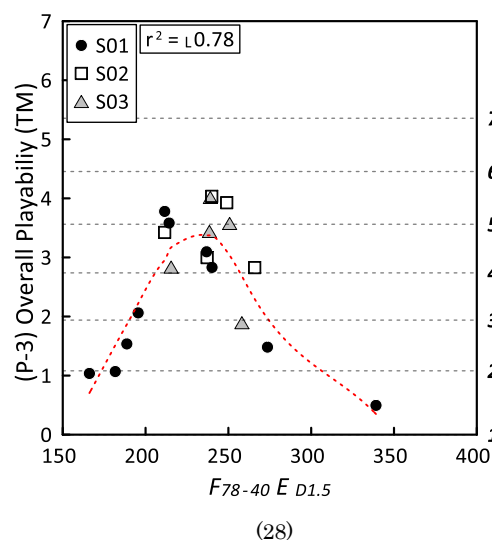
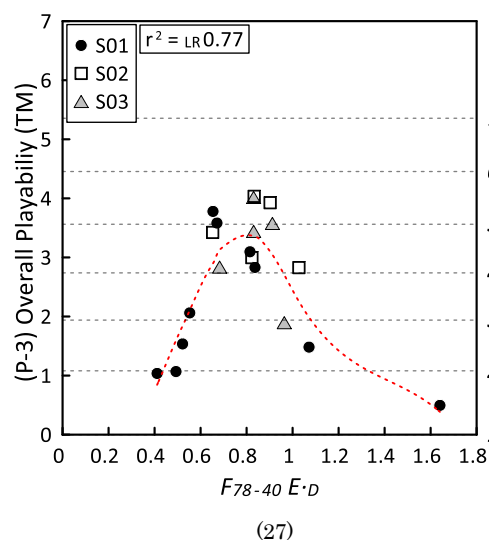
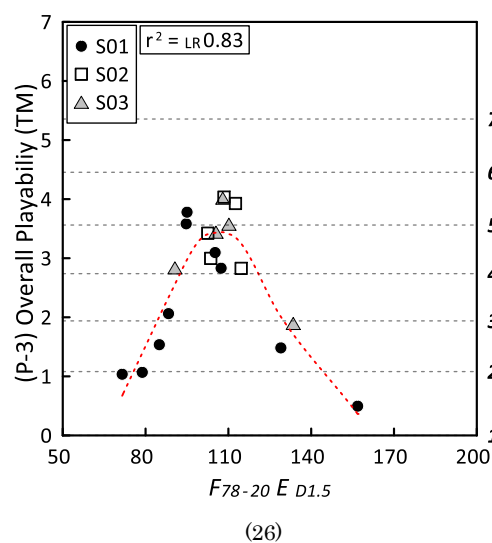
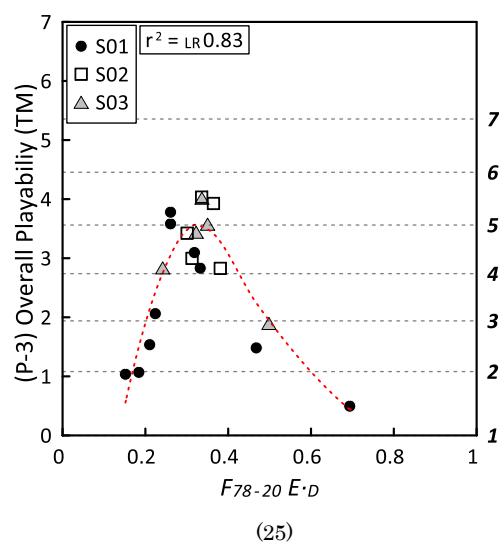
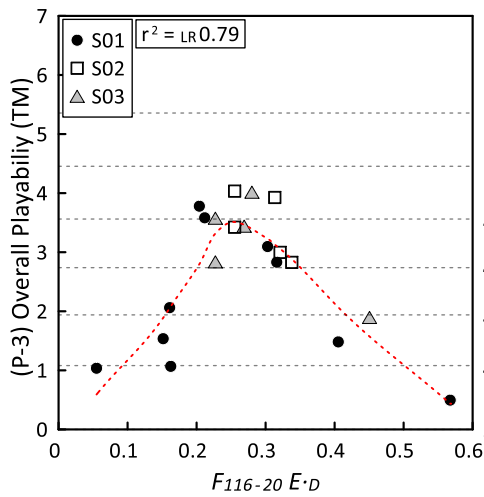
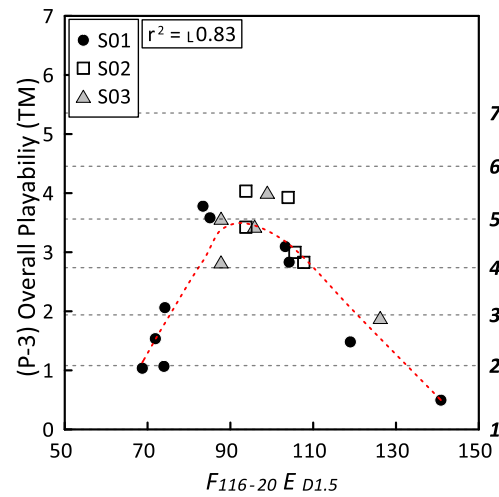


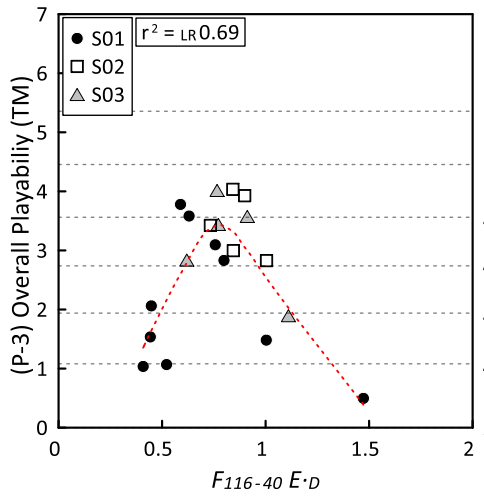
Fig. 6.14 Relations between Overall Playability and measured indicators on hardness (F_{78-20} , F_{78-40} , F_{78-60})



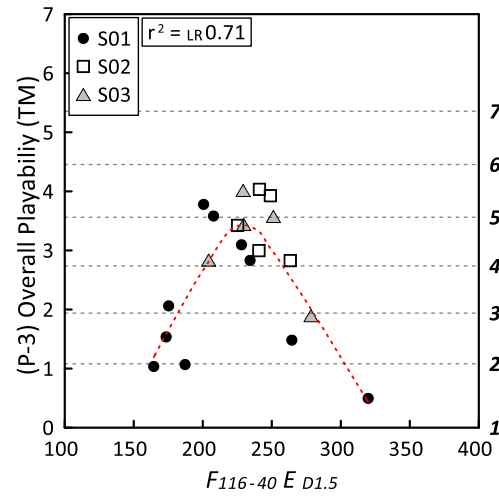
(31)



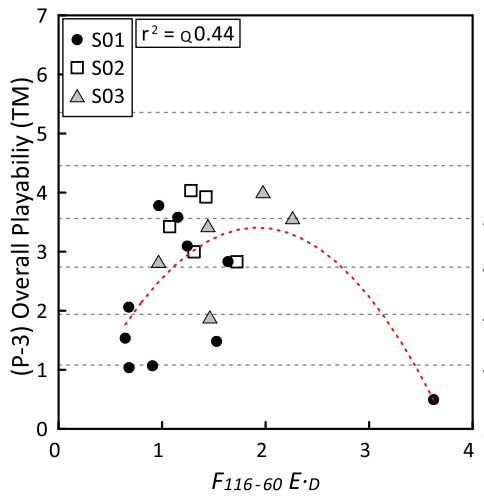
(32)



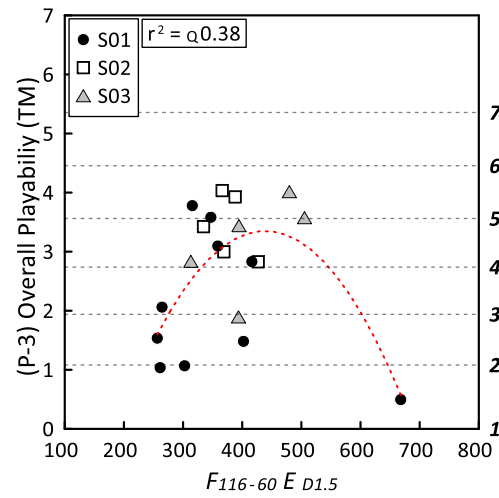
(33)



(34)



(35)



(36)

Fig. 6.15 Relations between Overall Playability and measured indicators on hardness (F_{116-20} , F_{116-40} , F_{116-60})

6.3 柔道場床のかたさ試験方法・指標に関する提案

前節までの考察結果を取りまとめ、本節では、安全性および競技性からみたかたさの測定方法・条件および指標の候補として、Table 6.10 に示す内容を検討することとした。

Table 6.10 を構想するに際しては、以下を前提および基本方針とした。

Table 6.10 Suitable test conditions and indicators for each evaluation scale
(male and female)

	Male		Female	
	AJjF	IjF	AJjF	IjF
S-1 ^{*1)}	U_j	$F_{116-60} E_D$	U_j	$F_{116-60} E_D$
	G_S	$[F_{116-60} Def.]$	G_S	$[F_{116-60} Def.]$
S-2	$H_{-20} E_D$ $[H_{-20} Def.]$	$F_{78-20} E_D$	$H_{-20} E_D$	$F_{78-20} E_D$
S-3		$[F_{78-20} Def.]$	$[H_{-20} Def.]$	$[F_{78-20} Def.]$
S-4				
P-1	$H_{-20} E_D$ $[H_{-20} Def.]$	$F_{78-20} E_D$	$H_{-20} E_D$	$F_{78-20} E_D$
P-2		$[F_{78-20} Def.]$	$[H_{-20} Def.]$	$[F_{78-20} Def.]$
P-3				

^{*1)} Supple mentary use of *D.o.D.* is required

- ①国内外に公的試験方法が普及している現状に鑑み、可能であれば、現行の公的試験方法を活用する。
- ②可能であれば、かたさに関する現行の指標を活用する。
- ③必要に応じて、新たな試験条件を適用する。
- ④必要に応じて、新たな指標を適用する。
- ⑤必要に応じて、かたさ評価の過程において、複数の指標を適用する。
- ⑥可能であれば、国内規格による試験方法、海外規格による試験方法、のそれぞれについてかたさの指標を提案する。
- ⑦指標の妥当性の検討は、本研究で対象とした安全性に関する 4 項目、および競技性に関する 3 項目に関しておこなう。

Table 6.10 には、男女別、試験規格別、評価項目別に、柔道場床のかたさ指標の候補を示した。

Table 6.11 に、男女、計 14 種の評価尺度と各指標の関係の回帰分析の結果として、決定係数の一覧を示す。

また、Table 6.11 に示した尺度と指標の組合せの中で、Table 6.12 に示した組合せについては、男女別に尺度と指標の関係を Fig. 6.16～6.21 の(1)～(30)に示した。

Table 6.11 Coefficients of determination (r^2)
between evaluations scales and measured indicators on hardness

	Male		Female	
	AJJF	IJF	AJJF	IJF
S-1	$r^2_{0.40} (r^2_{0.73})^{*2)}$	$r^2_{0.65} (r^2_{0.70})$	$r^2_{0.30} (r^2_{0.70})$	$r^2_{0.54} (r^2_{0.55})$
	0.43 (0.54)	[$r^2_{0.60} (r^2_{0.75})$]	0.38 (0.50)	[$r^2_{0.46} (r^2_{0.57})$]
S-2	$r^2_{0.85}$ [$r^2_{0.66}$]	$r^2_{0.77}$ [$r^2_{0.77}$]	$r^2_{0.83}$ [$r^2_{0.82}$]	$r^2_{0.84}$ [$r^2_{0.82}$]
S-3	$r^2_{0.75}$ [$r^2_{0.68}$]	$r^2_{0.79}$ [$r^2_{0.73}$]	$r^2_{0.70}$ [$r^2_{0.69}$]	$r^2_{0.72}$ [$r^2_{0.72}$]
S-4	$r^2_{0.88}$ [$r^2_{0.84}$]	$r^2_{0.90}$ [$r^2_{0.88}$]	$r^2_{0.86}$ [$r^2_{0.85}$]	$r^2_{0.90}$ [$r^2_{0.88}$]
P-1	$r^2_{0.80}$ [$r^2_{0.71}$]	$r^2_{0.75}$ [$r^2_{0.74}$]	$r^2_{0.81}$ [$r^2_{0.79}$]	$r^2_{0.85}$ [$r^2_{0.76}$]
P-2	$r^2_{0.89}$ [$r^2_{0.77}$]	$r^2_{0.83}$ [$r^2_{0.79}$]	$r^2_{0.81}$ [$r^2_{0.81}$]	$r^2_{0.86}$ [$r^2_{0.81}$]
P-3	$r^2_{0.88}$ [$r^2_{0.80}$]	$r^2_{0.83}$ [$r^2_{0.75}$]	$r^2_{0.84}$ [$r^2_{0.81}$]	$r^2_{0.86}$ [$r^2_{0.79}$]

*2) Values for 18 samples

note : Explanation of prefixes of r^2 values

$r^2 =$ 0.90 : Linear function regression

$r^2_{0.90}$: Logarithm function regression

$r^2_{0.90}$: Exponential function regression

$r^2_{0.90}$: Local regression

Table 6.12 List of graphs of the between relations evaluation scales
and measured indicators on hardness

	Male		Female	
	AJJF	IJF	AJJF	IJF
S-1	(2)	(1)	(5)	(4)
	(3)		(6)	
S-2	(7)	(13)	(8)	(14)
S-3	(9)	(15)	(10)	(16)
S-4	(11)	(17)	(12)	(18)
P-1	(19)	(25)	(20)	(26)
P-2	(21)	(27)	(22)	(28)
P-3	(23)	(29)	(24)	(30)

note : Graphs on *Def.* are omitted

(1) 受身安全性 (S-1) に関するかたさ指標について

Table 6.11, Fig.6.16, 6.17 の結果から、受身安全性の観点からかたさを評価する手順および指標として、以下を提案する。

- i) 局部変形性に関する指標である $D.o.D.$ を用いて、床・畳の表層かたさを判定する。本研究の範囲では、 $D.o.D.$ が 3mm 未満の床・畳は、受身安全性の観点から、不適格なものとして除外する。
- ii) AJJF 規格の指標である U_J , G_S を測定する。これらの指標の大小により、受身安全性の評価が可能と考える。
- iii) ii) に準ずる手順として、IJF 規格の指標を利用する場合は、 U_J , G_S の代替として、 $F_{116-60} E.D$ を測定する。 $F_{116-60} E.D$ が算出できない場合、または利用しない場合は、 $F_{116-60} Def.$ を用いる。

(2) その他の安全性(S-2, S-3, S-4)に関するかたさ指標について

Table 6.11, Fig.6.18, 6.19 の結果から、立技 (S-2)・寝技 (S-3)・総合 (S-4) の安全性の観点からかたさを評価する手順および指標として、以下を提案する。

- i) AJJF 試験から算出可能な指標である $H_{20} E_D$ を求める。この指標により、立技・寝技・総合安全性の評価が可能と考える。 $H_{20} E_D$ を利用しない場合は、 $H_{20} Def.$ を用いることも可能である。
- ii) IJF 規格の指標を利用する場合は、 $F_{78-20} E_D$ を測定する。この指標により、立技・寝技・総合安全性の評価が可能と考える。 $F_{78-20} E_D$ を利用しない場合は、 $F_{78-20} Def.$ を用いることも可能である。

(3) 競技性(P-1, P-2, P-3)に関するかたさ指標について

Table 6.11, Fig.6.20, 6.21 の結果から、立技 (P-1)・寝技 (P-2)・総合 (P-3) の競技性の観点からかたさを評価する手順および指標として、上記(2)と同様に、以下を提案する。

- i) AJJF 試験から算出可能な指標である $H_{20} E_D$ を求める。この指標により、立技・寝技・総合競技性の評価が可能と考える。 $H_{20} E_D$ を利用しない場合は、 $H_{20} Def.$ を用いることも可能である。
- ii) IJF 規格の指標を利用する場合は、 $F_{78-20} E_D$ を測定する。この指標により、立技・寝技・総合競技性の評価が可能と考える。 $F_{78-20} E_D$ を利用しない場合は、 $F_{78-20} Def.$ を用いることも可能である。

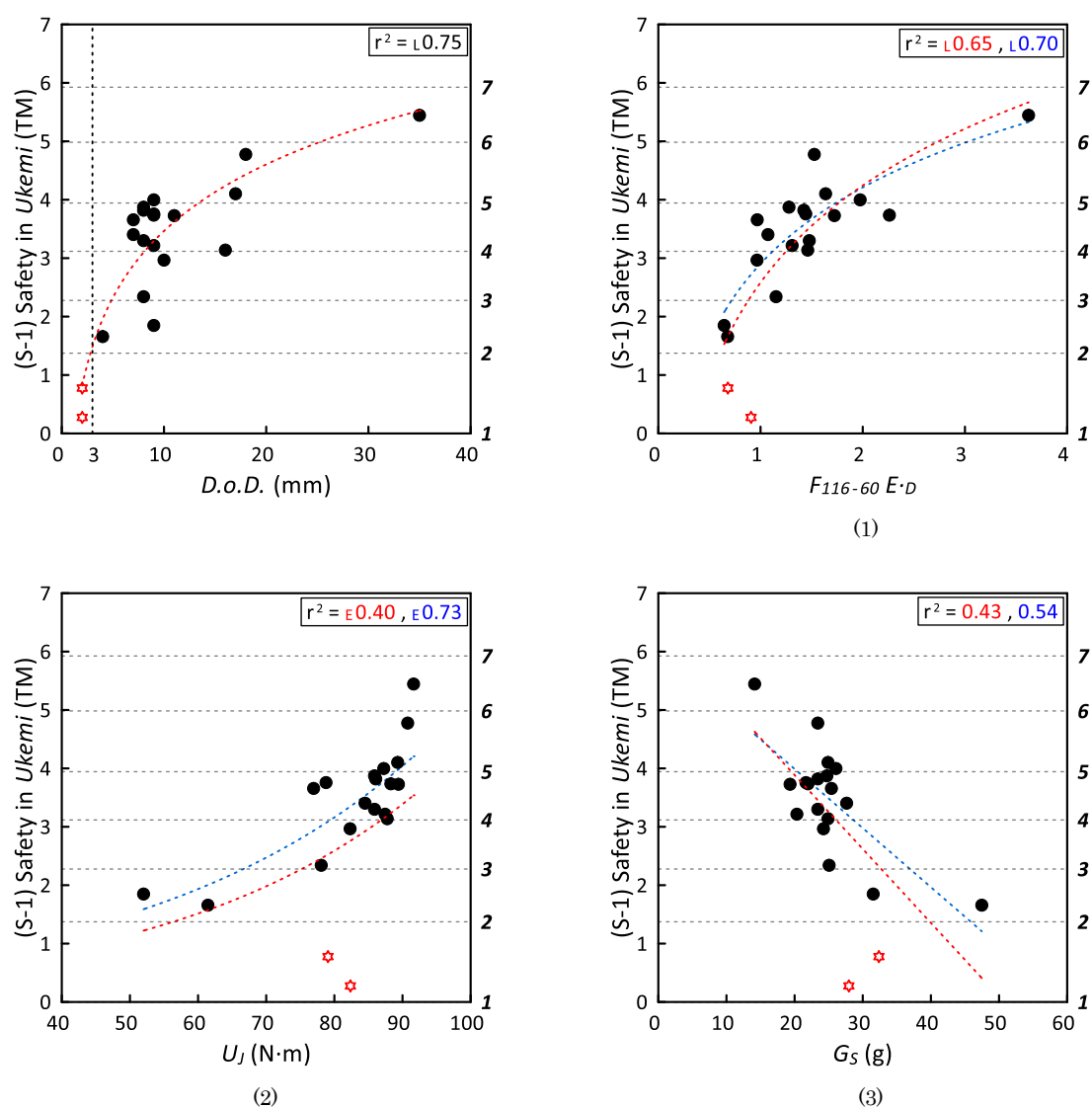


Fig. 6.16 Relations between evaluation safety scale (S-1) and measured indicators on hardness (male) (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

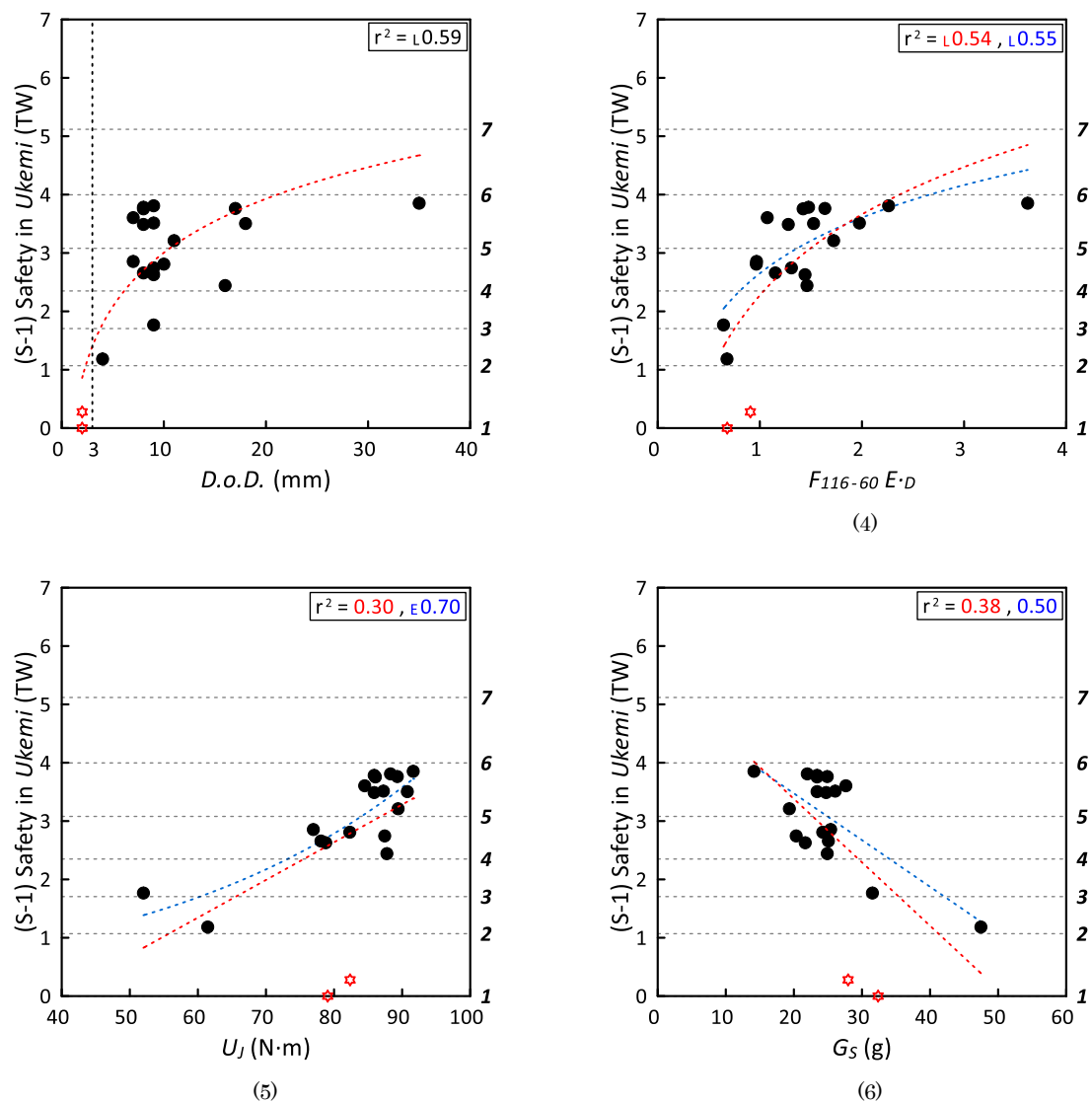


Fig. 6.17 Relations between evaluation safety scale (S-1) and measured indicators on hardness (female) (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

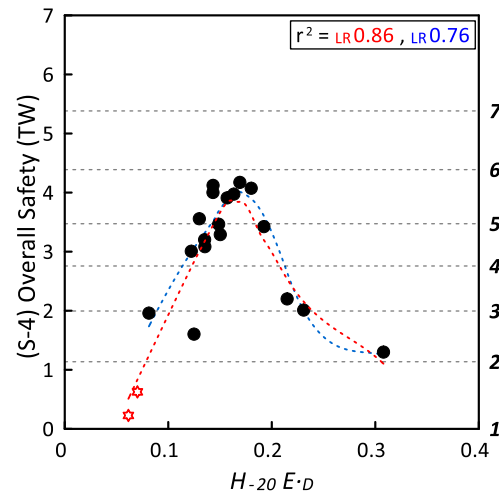
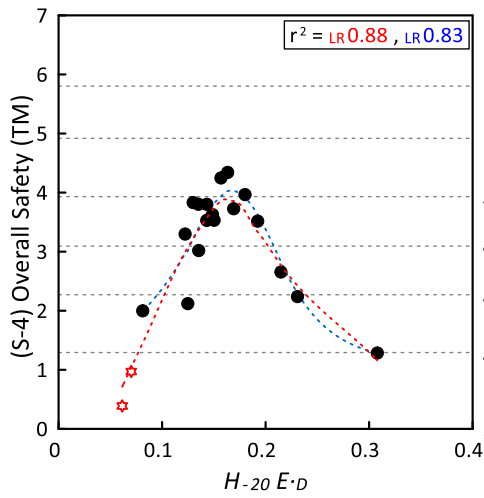
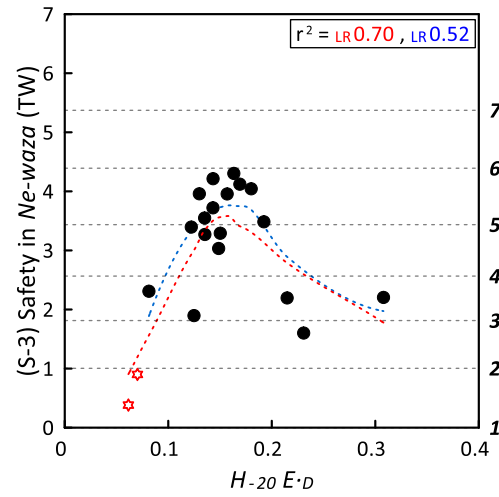
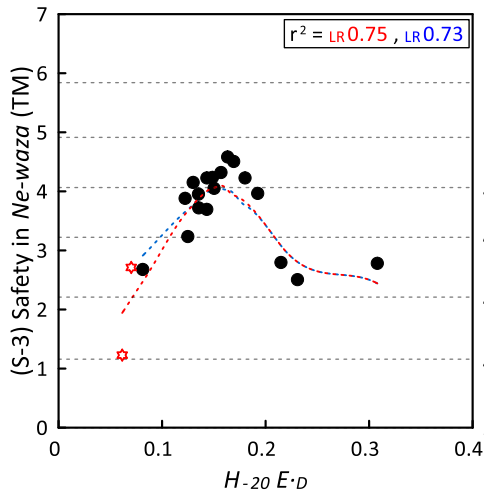
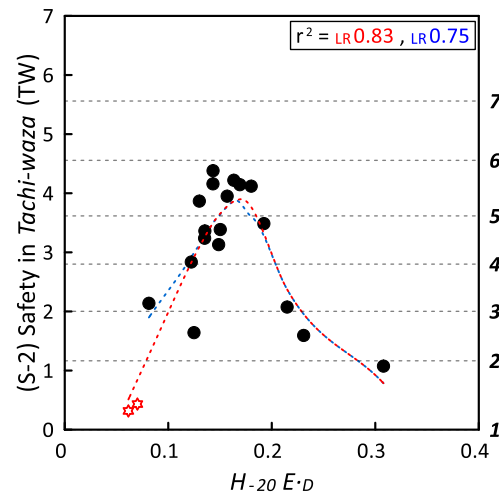
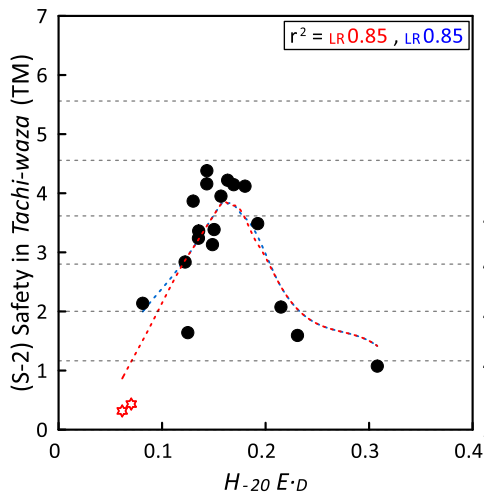


Fig. 6.18 Relations between evaluation safety scales (S-2, S-3, S-4) and measured indicators on hardness (AJJF method) (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

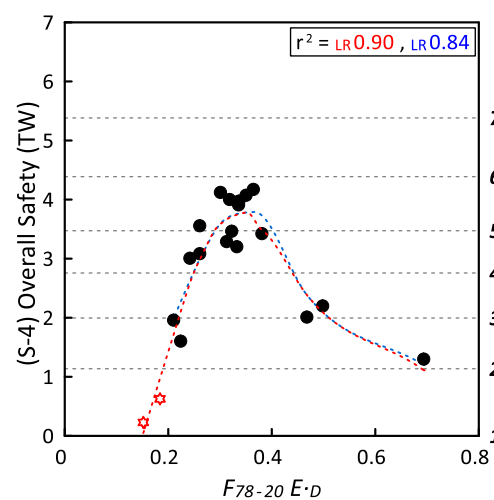
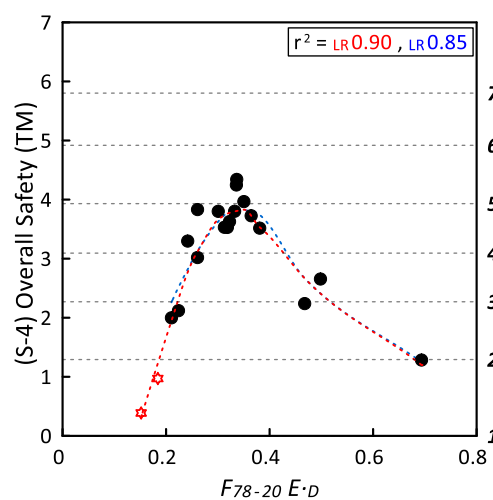
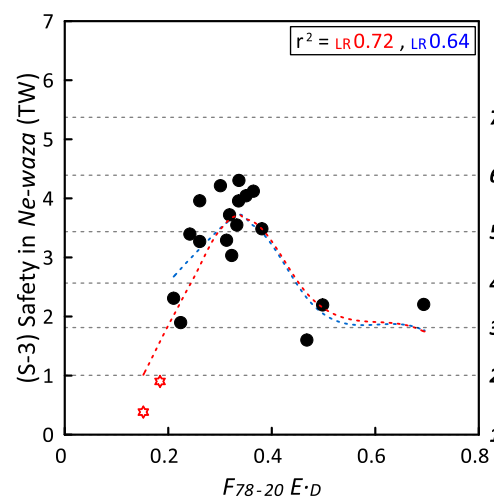
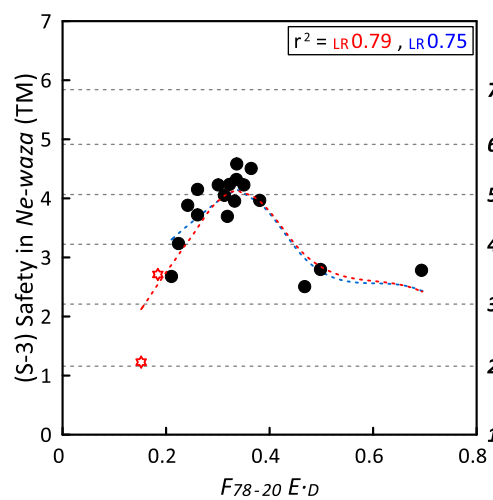
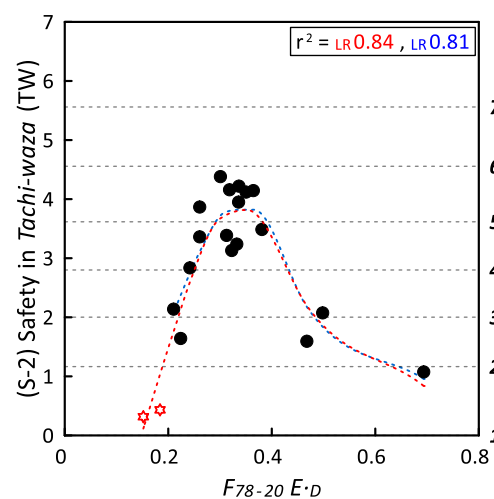
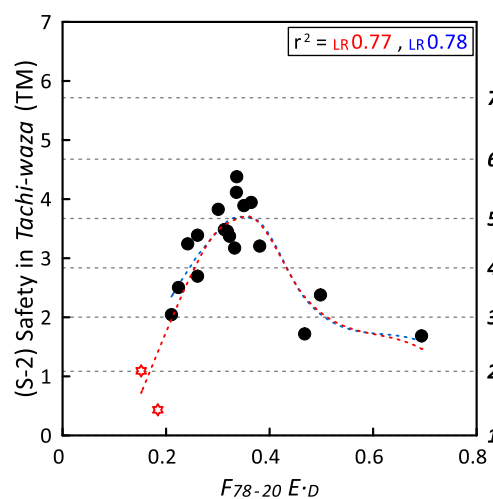


Fig. 6.19 Relations between evaluation safety scales (S-2, S-3, S-4) and measured indicators on hardness (IJF method) (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

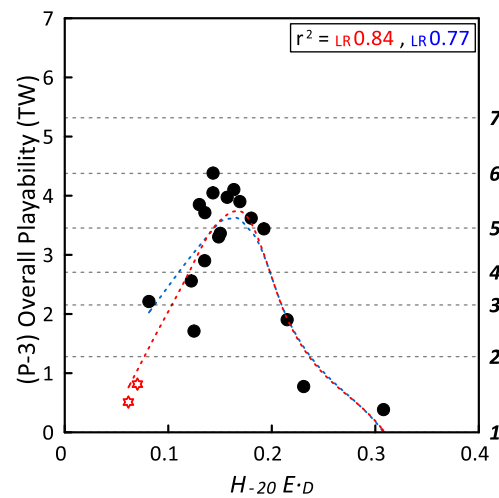
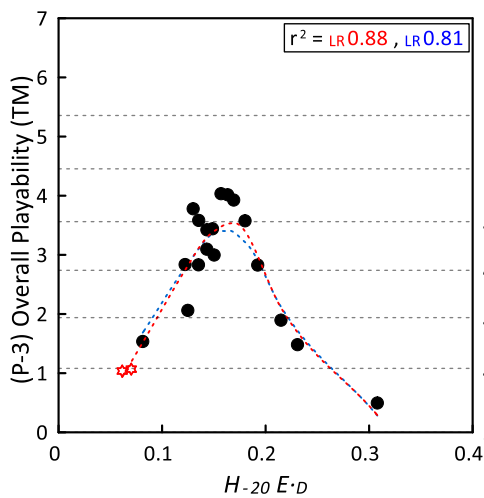
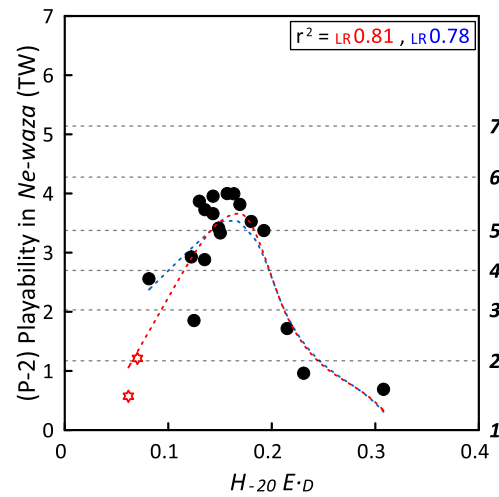
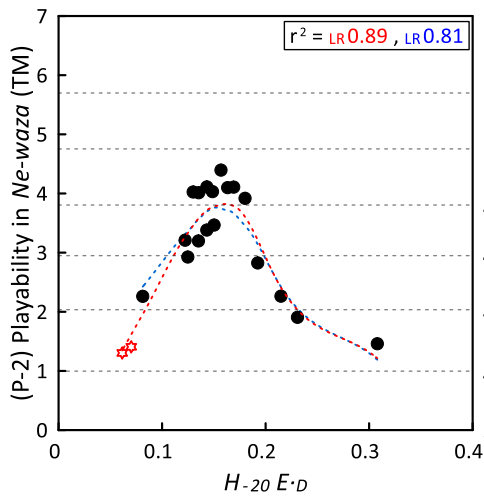
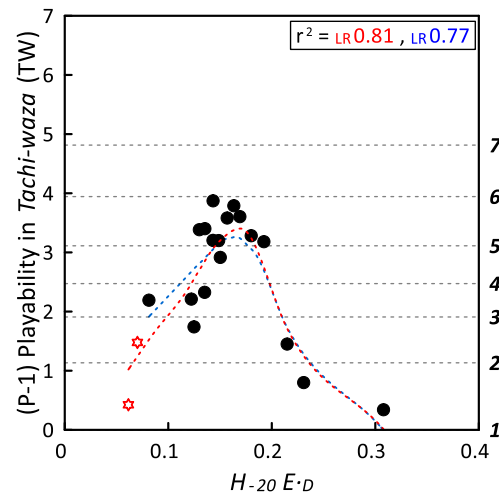
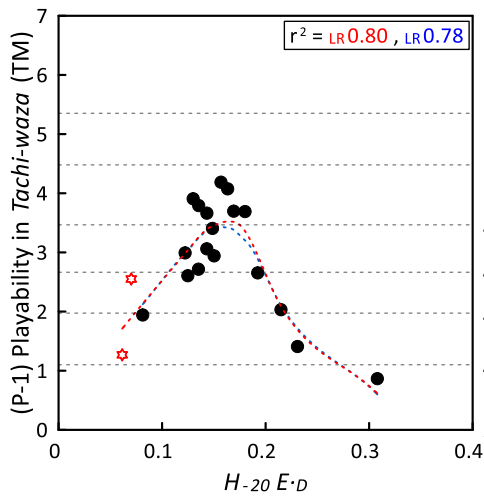


Fig. 6.20 Relations between evaluation playability scales (P-1, P-2, P-3) and measured indicators on hardness (AJJF method) (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

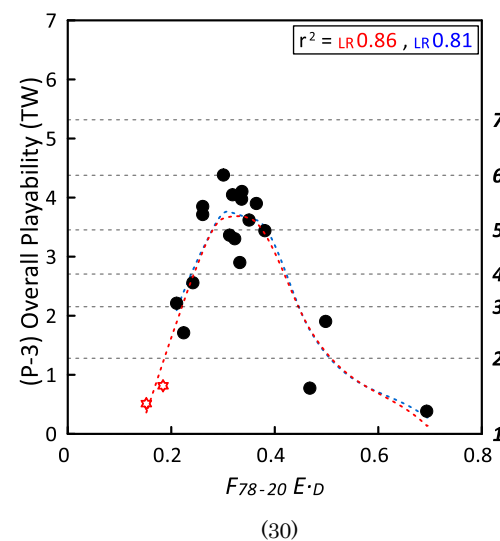
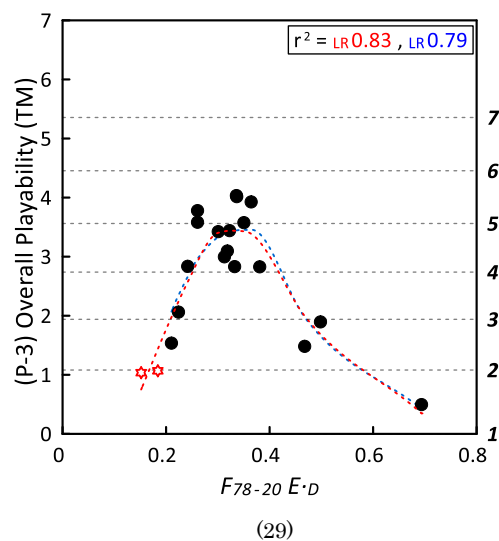
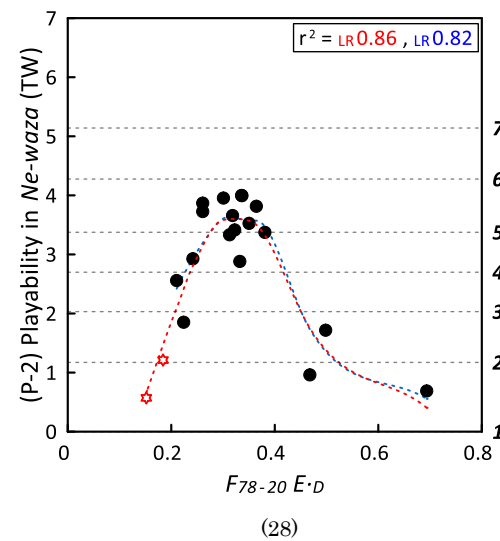
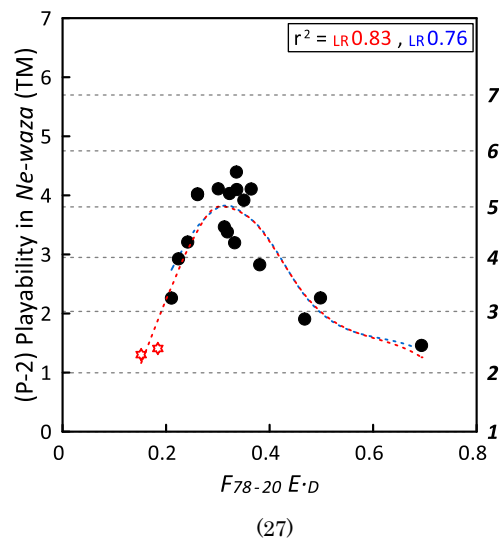
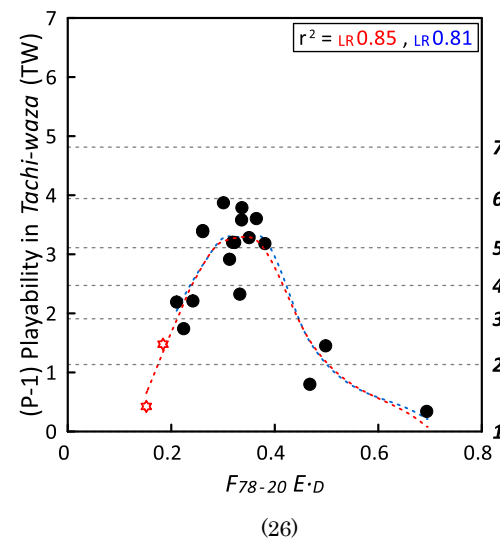
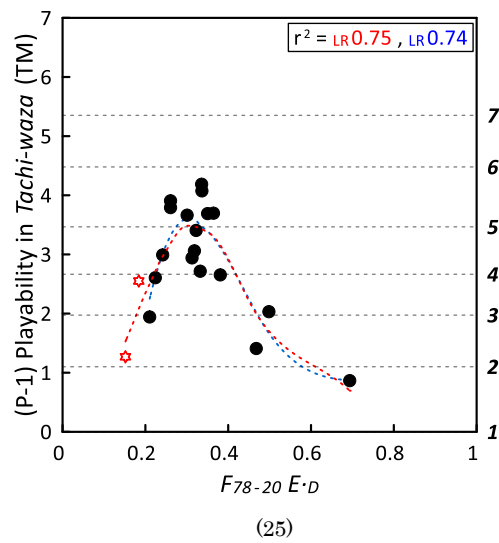


Fig. 6.21 Relations between evaluation scales (P-1, P-2, P-3) and measured indicators on hardness (IJF method) (Red : 20 samples, Blue : 18 samples)

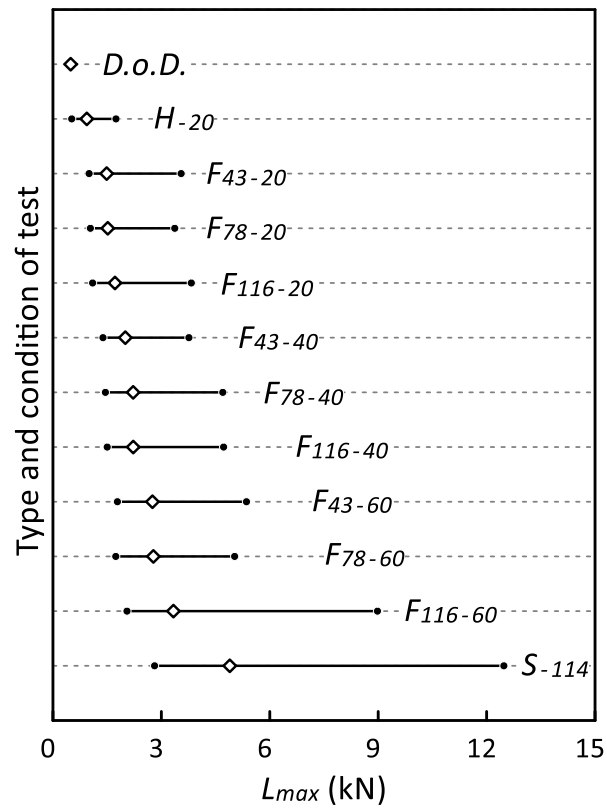


Fig. 6.22 Maximum load in each indicator measurement

6.4 結論

本章では、前章までに対象とした試験方法について、変形エネルギーをはじめとするいくつかの指標を新たに算出し、それらの妥当性を考察した。

また、本論文のこれまでの考察結果を取りまとめて、安全性・競技性からみた柔道場床のかたさの測定手順および指標を整理・提案した。

第 7 章 結 論

本研究では、競技者の安全性と競技性の観点から、国内外規格に規定される柔道床のかたさに関する試験方法・指標の妥当性を検証するとともに、より妥当な試験条件、指標を整理・提案することを試みた。

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

[第2章]

かたさの範囲が広く、その性状や材料・構成も多様な柔道場床の試験体を製作し、早稲田大学柔道部の男子部員 10 名を検査員として、競技者の安全性および競技性の観点から床のかたさの心理学的評価を試行的に求めた。

安全性に関しては、受身時・立技時・寝技時・総合の 4 尺度を構成した。競技性に関しては、立技時・寝技時・総合の 3 尺度を構成した。得られた計 7 尺度の相互関係を考察し、以下の傾向を把握した。

- i) 「受身安全性」の傾向は、それ以外の 3 尺度「立技安全性」、「寝技安全性」、「総合安全性」とは異なる。「立技安全性」、「寝技安全性」、「総合安全性」の 3 尺度の相関は比較的高い。
- ii) 競技性の 3 尺度「立技競技性」、「寝技競技性」、「総合競技性」の相関は高い。
- iii) 「受身安全性」と競技性の 3 尺度の相関は低い。
- iv) 「受身安全性」を除く、その他の安全性と競技性の尺度間の相関はある程度高い。

[第3章]

柔道場床・畳のかたさに関する国内外の主要な試験方法を選定し、それらを用いて第 2 章で製作した柔道場床の試験体を測定し、得られた指標間の関係を考察した。また、第 2 章で構成した安全性・競技性の心理学的尺度との対応性の観点から、指標の妥当性を考察した。

考察の結果、以下の傾向を把握した。

(1) 既往のかたさ指標間の関係について

- i) 国内規格である、全日本柔道連盟(AJFF)の規格試験方法から得られる変形エネルギー U_f と最大加速度 G_s の間には負の相関が認められる。ただし、どちらか一方で他方を代替できるほどの相関性はない。国際規格である、国際柔道連盟(IJF)の規格試験方法から得られる指標に関しては、 U_f と相関の高い指標は、衝突モデルの加撃部寸法が大きく、落下高さが低い試験条件から得られる最大減速度 *Peak dec.* であり、両者には負の相関が認められる。 G_s と相関の高い指標は、同じ試験条件における *Peak dec.* であり、両者には正の相関が認められる。

ii) IJF 試験から得られる最大減速度 *Peak dec.*間, および最大変形 *Def.*間には高い相関が認められる。一方, 運動エネルギー比 *Res.*間には相対的に低い相関が認められる。局部変形性を示す *D.o.D.*は *Def.*と正の相関を示す。*D.o.D.*と *Def.*の関係を除き, IJF 試験から得られる, 種類の異なる指標間の相関は低い傾向を示す。

(2) かたさ評価尺度と既往の指標の関係について

iii) 受身安全性について: AJJF 試験から得られる指標に関しては, U_f が受身安全性と正の相関を示し, G_s は負の相関を示す。ただし, 表層が一般の柔道床・畳よりかたい場合は, 相関関係から外れる傾向を示す。本研究の範囲では, IJF 試験における局部変形性の指標 *D.o.D.*により, 表層がかたい床・畳の検出が可能であり, *D.o.D.*の許容値を適切に設定すれば, U_f および G_s により受身安全性を評価できる可能性がある。IJF 試験から得られる指標の中では, 適切な測定条件における最大変形 *Def.*により受身安全性を評価できる可能性がある。

iv) 総合安全性について: 既往のかたさ指標の中では, 適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 *Def.*により総合安全性を評価できる可能性がある。

v) 総合競技性について: 既往のかたさ指標の中では, 適切な測定条件における IJF 試験の最大変形 *Def.*により総合競技性を評価できる可能性がある。

[第4章]

第2章の結果を受けて, より広い検査場を国内の強豪大学である東海大学の構内に設け, 同大学の男女柔道部員, 各10名を検査員として, 安全性および競技性の観点からより本格的な床のかたさの評価検査を実施した。検査結果から, 男女別に, 安全性4尺度, 競技性3尺度, 計14種類のかたさ評価尺度を構成した。

評価尺度の相互関係を考察した結果, 以下の傾向を把握した。

i) 男子と女子の評価尺度は, 近似した傾向を示した。

ii) 第4章の本検査は, 第2章の試行的検査と近似した傾向を示した。

iii) 第2章, 第4章, および男女の検査に共通する, 評価尺度間の対応の具体的な傾向として以下を明らかにした。

①「受身安全性」の傾向は, それ以外の安全性の3尺度「立技安全性」, 「寝技安全性」, 「総合安全性」とは異なる。「立技安全性」, 「寝技安全性」, 「総合安全性」の3尺度の相関は比較的高い。

②競技性の3尺度「立技競技性」, 「寝技競技性」, 「総合競技性」の相関は高い。

③「受身安全性」と競技性の3尺度の相関は低い。

④「受身安全性」を除く, その他の安全性と競技性の尺度間の相関はある程度高い。

[第5章]

第3章の結果を受けて、第4章で構成した安全性・競技性尺度と、第3章の測定で得た指標との対応性を考察し、既往の柔道場床のかたさ試験方法・指標の妥当性の考察を進めた。なお、第5章では、第4章までの考察結果を参考に、尺度間の相関性を考慮し、詳しい考察対象として、受身安全性、総合安全性、総合競技性の3尺度を選定した。また、指標については、AJJF試験から得られる変形エネルギー U_J と最大加速度 G_s 、および、IJF試験から得られる最大変形 $Def.$ と局部変形性の指標 $D.o.D.$ について詳しく考察した。

考察の結果、以下の知見を得た。

- i) 受身安全性について：AJJF試験から得られる指標に関しては、男女ともに、 U_J が受身安全性と正の相関を示し、 G_s は負の相関を示す。ただし、表層が一般の柔道床・畳よりかたい場合は、相関関係から外れる傾向を示す。本研究の範囲では、局部変形性の指標 $D.o.D.$ により、表層がかたい床・畳の検出が可能であり、 $D.o.D.$ の許容値を適切に設定すれば、 U_J および G_s により受身安全性を評価できる可能性がある。IJF試験から得られる指標の中では、適切な測定条件における最大変形 $Def.$ により受身安全性を評価できる可能性がある。
- ii) 総合安全性について：既往のかたさ指標の中では、男女ともに、適切な測定条件におけるIJF試験の最大変形 $Def.$ により総合安全性を評価できる可能性がある。
- iii) 総合競技性について：既往のかたさ指標の中では、男女ともに、適切な測定条件におけるIJF試験の最大変形 $Def.$ により総合競技性を評価できる可能性がある。
- iv) 以上の考察結果から、その他の4尺度の立技安全性、寝技安全性、立技競技性、寝技競技性に関しても、男女ともに、適切な測定条件におけるIJF試験の最大変形 $Def.$ により評価できる可能性がある。

[第6章]

第5章までに対象とした試験方法について、変形エネルギーをはじめとするいくつかの指標を新たに算出し、それらの妥当性を考察した。また、その際、必要に応じて測定条件も検討した。

また、本論文のこれまでの考察結果を取りまとめて、安全性・競技性からみた柔道場床のかたさの測定手順および指標を、以下のとおりに整理・提案した。

(1) 受身安全性に関するかたさ指標について

受身安全性の観点からかたさを評価する手順および指標として、以下を提案した。

- i) 局部変形性に関する指標である $D.o.D.$ を用いて、床・畳の表層かたさを判定する。本研究の範囲では、 $D.o.D.$ が 3mm 未満の床・畳は、受身安全性の観点から、不適格とし
-

て除外する。

ii) AJJF 規格の指標である U_J , G_S を測定し、これらの指標の大小により、受身安全性を評価する。

iii) ii) に準ずる手順として、IJF 規格の指標を利用する場合は、 U_J , G_S の代替として、変形に重み付けした変形エネルギー量である $F_{116-60} E_D$ により受身安全性を評価する。 $F_{116-60} E_D$ が算出できない場合、または利用しない場合は、最大変形 $F_{116-60} Def$ を用いる。

(2) その他の安全性ならびに競技性に関するかたさ指標について

立技・寝技・総合の安全性・競技性の観点からかたさを評価する手順および指標として、以下を提案した。

i) AJJF 試験から算出可能な指標である、重み付け変形エネルギー量 $H_{20} E_D$ を求め、この指標により立技・寝技・総合の安全性および競技性を評価する。 $H_{20} E_D$ を利用しない場合は、最大変形 $H_{20} Def$ により評価する。

iii) IJF 規格の指標を利用する場合は、 $F_{78-20} E_D$ を求め、この指標により立技・寝技・総合の安全性および競技性を評価する。 $F_{78-20} E_D$ を利用しない場合は、 $F_{78-20} Def$ により評価する。

なお、本研究で得られた知見・成果は、広さの制限がある検査場において、寸法・数量が限られた試験体を研究対象として得られたものである。対象とした検査員の層・数も十分とはいえない段階に留まっている。そのため、本研究の知見・成果の妥当性と適用性、特にかたさ指標の最適値や許容値に関しては、今後、実際の柔道場床を対象とした研究・調査を通じて継続的に検証すべきと考える。

参考文献

- 1) IJF (International Judo Federation): JUDO FOR THE WORLD, 2015
- 2) Tony Reay / Geoffrey Hobbs: THE JUDO MANUAL, Stanley Paul, 1987
- 3) 金当国臣, 石井喜八, 橋本昇, 青木豊次: 柔道用畳新製品研究開発について, 日本体育学会大会号 p.518, 1978
- 4) Jigoro KANO: KODOKAN JUDO, Kodansha, 1994
- 5) 講道館, 機関紙「柔道」, 2003.8
- 6) 小野英哲, 芝崎晴男, 川村清志, 吉岡丹: 柔道場の床の緩衝効果に関する研究 (その 1), 日本建築学会論文報告集, 第 293 号, pp.21-28, 1980.7
- 7) 小野英哲, 芝崎晴男, 川村清志, 吉岡丹: 柔道場の床の緩衝効果に関する研究 (その 2), 日本建築学会論文報告集, 第 304 号, pp.11-19, 1981.6
- 8) 日本産業規格, JIS A 6519 体育館用鋼製床下地構成材, 2018
- 9) 日本建築学会, 床性能評価指針, 2018
- 10) (財) 全日本柔道連盟公認用具 (柔道畳) 規格, 2016
- 11) EN 12503 - 1 Gymnastic mats, safety requirements - Part 1, 2013
- 12) EN 12503 - 2 Pole vault and high jump mats, safety requirements - Part 2, 2017
- 13) EN 12503 - 3 Judo mats and test methods - Part 3, 2001
- 14) EN 12503 - 4 Determination of shock absorption - Part 4, 2013
- 15) EN 12503 - 5 Determination of the base friction - Part 5, 2001
- 16) EN 12503 - 6 Determination of the top friction - Part 6, 2001
- 17) EN 12503 - 7 Determination of static stiffness - Part 7, 2001
- 18) Guidance for IJF approved TATAMI, 2017
- 19) 小野英哲: 体育館の床の弾力性に関する研究 (その 1), 運動競技者が体育館の床にあたる荷重の解析, 日本建築学会論文報告集, 第 181 号, pp.7-14, 1971.3
- 20) 小野英哲, 吉岡丹: 体育館の床の弾力性に関する研究 (その 2), 体育館の床の弾力性測定装置の設計・試作, 日本建築学会論文報告集, 第 187 号, pp.27-34, 1971.9
- 21) 小野英哲, 吉岡丹: 体育館の床の弾力性に関する研究 (その 3), 体育館の床の使用感調査および弾力性測定実験, 日本建築学会論文報告集, 第 188 号, pp.1-10, 1971.10
- 22) 小野英哲, 吉岡丹: 体育館の床の弾力性に関する研究 (その 4), 弾力性の使用感に関する心理学的尺度後の構成, 日本建築学会論文報告集, 第 226 号, pp.9-19, 1974.12
- 23) 小野英哲, 吉岡丹: 体育館の床の弾力性に関する研究 (その 5), 弾力性の使用感に関する心理学的尺度と床の物理量との対応および弾力性の評価式・最適値の提示, 日本建築学会論文報告集, 第 227 号, pp.1-11, 1975.1
- 24) 小野英哲, 三上貴正, 渡辺博司: 安全性からみた学校体育館床のかたさに関する研究,

日本建築学会論文報告集, 第 321 号, pp.9-16, 1982.11

- 25) 小野英哲, 三上貴正, 岩崎淑子, 横山裕: エアロビックダンスフロアのかたさ、すべりの評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 385 号, pp.1-7, 1988.3
- 26) 小野英哲, 横山裕, 三上貴正, 堀口衛, 川村清志: 柔道場床の振動減衰性能の評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 438 号, pp.31-38, 1992.8
- 27) 小野英哲, 落合昇: 素足での床のすべりの評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 537 号, pp.21-26, 2000.11
- 28) 白權赫, 三上貴正: 柔道畳の衝撃緩衝性に関する研究, -日本と欧州の試験方法の比較-, 第 12 回日本・韓国建築材料施工ジョイントシンポジウム, Vol.12, pp.359-362, 2015.7
- 29) 皆川尚也, 白權赫, 中西英敏, 横井健, 三上貴正: 安全性および競技性からみた柔道場床のかたさに関する研究 その 1 かたさの使用感に関する検査および考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.1036-1037, 2018.7
- 30) Kwon-hyuk BAIK, Naoya MINAGAWA, Hidetoshi NAKANISHI, Takeshi YOKOI, Soo-kyung CHOI, Takamasa MIKAMI: Study on hardness of judo floor regarding safety and playability, Proceedings of the 12th ISAIA, pp.1367-1372, 2018.10
- 31) 小野英哲: スポーツサーフェイスの弾力性,かたさ,すべり, 高分子, 50 巻 8 号, pp.534-537, 2001
- 32) 小野英哲, 宮木宗和, 河田秋澄, 吉岡丹: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究, その 1 研究方法およびすべり感覚の尺度化, 日本建築学会論文報告集, 第 321 号 pp.1-8, 1982.11
- 33) 小野英哲: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究, その 2 すべり試験機設計・試作のための基礎的資料の集積およびすべり試験機の基本構想, 日本建築学会論文報告集, 第 333 号 pp.1-7, 1983.11
- 34) 小野英哲, 河田秋澄, 宮木宗和, 川村清志, 小西敏正, 三上貴正, 高橋浩, 吉岡丹: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究, その 3 すべり試験機の試作・設計, 日本建築学会論文報告集, 第 346 号 pp.1-8, 1984.12
- 35) 小野英哲, 須藤拓, 武田清: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究, その 4 床のすべりの評価指標および評価方法の提示, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 356 号 pp.1-8, 1985.10
- 36) 小野英哲, 橋田浩, 横山裕: スポーツサーフェイスのすべり評価方法に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 359 号 pp.1-9, 1986.1
- 37) 小野英哲, 三上貴正: 屋外スポーツサーフェイスのかたさ測定装置の設計試作, 屋外スポーツサーフェイスのかたさ評価方法に関する研究 (第 1 報), 日本建築学会構造系論文報告集 369 号 pp.1-8, 1986.11

-
- 38) 三上貴正, 横山裕, 大野隆造, 地濃茂雄, 小野英哲: 屋外スポーツサーフェイスのかたさの評価指標および評価方法の提示, 屋外スポーツサーフェイスのかたさ評価方法に関する研究(第2報), 日本建築学会構造系論文報告集 396 号 pp.1-8, 1989.2
- 39) 小野英哲, 渡辺博司, 吉岡丹: 転倒時の安全性からみた床のかたさおよびその評価方法に関する研究, その 1 転倒時の頭部の挙動の解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.341,342, 1980.9
- 40) 小野英哲, 渡辺博司, 吉岡丹: 転倒時の安全性からみた床のかたさおよびその評価方法に関する研究, その 2 かたさ試験装置の設計・試作, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.343,344, 1980.9
- 41) 小野英哲, 三上貴正: 衝突時の身体的安全性からみた床・壁のかたさ測定装置設計・試作のための基礎的資料の集積, 衝突時の身体的安全性からみた床・壁のかたさの評価方法に関する研究(第1報), 日本建築学会論文報告集, 第 373 号, pp.9-18, 1987.3
- 42) 小野英哲, 三上貴正: 衝突時の身体的安全性からみた床・壁のかたさ測定装置設計・試作, 衝突時の身体的安全性からみた床・壁のかたさの評価方法に関する研究(第2報), 日本建築学会論文報告集, 第 381 号, pp.10-16, 1987.11
- 43) 小野英哲, 三上貴正: 衝突時の身体的安全性からみた床・壁のかたさの評価方法の提示, 衝突時の身体的安全性からみた床・壁のかたさの評価方法に関する研究(第3報), 日本建築学会論文報告集, 第 394 号, pp.1-7, 1988.12
-