

転倒のメカニズムと防止対策



東北大学 大学院工学研究科 教授
 仙台市 地域連携フェロー
 福島県 地域産業復興・創生アドバイザー
 宮城県大崎市 ものづくり課題解決研究会座長
 山形県上山市 産業振興アドバイザー

ほっきりがわ かずお
堀切川 一男



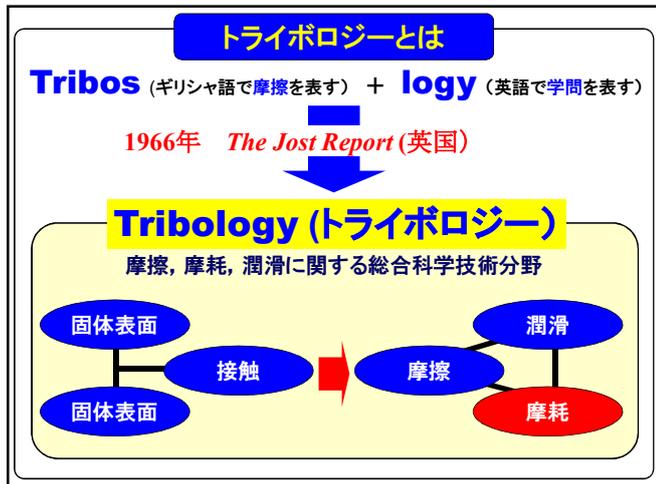
1

ほっきりがわ かずお 堀切川 一男 自己紹介

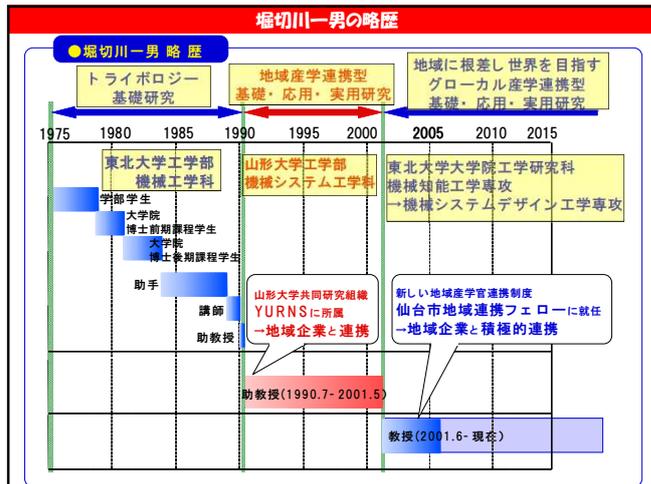
- 生年月日 ● 1956年8月16日生
- モットー ● 地域に根差し世界を目指す研究
- 夢の実現を目指した研究
- 趣味 ● 妻との会話
- 研究分野 ● トライボロジー
- エコマテリアル・サイエンス
- スポーツ工学

- 出身地：青森県八戸市
- 略歴：1984.3東北大学大学院工学研究科博士課程修了（工学博士）
東北大学工学部助手、講師、助教授、山形大学工学部助教授を経て、
2001.6より東北大学大学院工学研究科教授
- 連絡先：仙台市青葉区寛巻青葉6-6-01 東北大学大学院工学研究科 機械システムデザイン工学専攻
堀切川 一男 E-mail kazuo@cc.mech.tohoku.ac.jp

2



3



4

山形大学時代の
堀切川研究室産学連携開発リスト

No.	開発年度	開発製品
1	1996	摩耗過程その場観察装置「CCDマイクロSCOPE トライボシステム」
2	1997	超低摩擦ボスレーランナー「ナガノスペシャル」
3	1998	硬質多孔性炭素材料「RBセラミックス」
4		完全無潤滑直動すべり軸受
5	2000	「患者移動用シート」
6		堀切川・HEIDON連続荷重変動型摩擦・摩耗試験システム「HHS2000」
7	2001	滑りにくい紳士靴・紳士ブーツ「BASIC YK」
8		滑りにくい婦人靴・婦人ブーツ「ST. Relax」
9		滑りにくい安全靴「ATENEO」
10		滑りにくいサーキットシューズ
11		超低摩擦スケルトンランナー
12		赤外線観測装置用案内「極低温下位置決めシステム」

5



6

東北大学堀切川研究室における
産学連携開発リスト

工業一般 スポーツ 医療・福祉 生活

No.	開発年度	開発製品
101	2015	低摩擦・低摩耗のRBC/コム複合材を用いた水力発電機主軸封水シール
102		ステンレス製USBスタンド
103		多段式紙バック
104		抱き抱えハイス機構を応用した円筒用クランプ治具
105		地面をしっかりとつかむ「アングルステッキたつみ」
106		倒れないステッキ用ジグ「転ばぬ鉄の先」
107		マラソンシューズ FLAME RACER (フレイムレーサー)
108		焼き物、炒め物の余分な油や水分が除去できるタイプの「南部鉄器 焼肉プレート丸型」
109		ステーキ等の余分な油や水分が除去できるタイプの「南部鉄器 ステーキ皿角」
110		キッズマルチポンチョ
111	2016	高精度5軸加工機用両脚ハイス (リブ口金プレートタイプ)
112		冷間圧延用長寿命RBC軸受
113		たれ切れがよくこぼれにくいHプロセスによる薄鉄製たれ皿「ももたろう」(仮称)
114		たれ切れがよくこぼれにくいHプロセスによる薄鉄製たれ皿「うめたろう」(仮称)
115		超高速プレス機用スベリ軸受
116		圧延加工用長寿命両脚軸受
117		ビール製造用スラスト/ラジアル型オイルレススベリ軸受
118		仙台車筋風立方体収納箱 仙臺キューブ (茶色、赤色、青色)

13

東北大学堀切川研究室における
産学連携開発リスト

工業一般 スポーツ 医療・福祉 生活

No.	開発年度	開発製品
119	2016	鼻への摩擦抵抗の低い保湿系ティッシュペーパー「エリエール賢沢保湿」(リニューアル版)
120		ビールの泡を出すダイヤモンドコーティングマドラー「ジャストバブラー」(仮称)
121		内半座・外半座測定ゲージ「アンモナイトRゲージ」(仮称)
122		スポンジラバーとソリッドラバーの重層構造により加水分解を克服した耐滑性抜群の安全靴 ATENEO AG series
123		スポンジラバーとソリッドラバーの重層構造により加水分解を克服した耐滑性抜群の安全靴 ATENEO AG series
124		ユニバーサルデザインのくいのみ「らく替」
125		NHK超絶変ワザ!の番組から生まれた防災活動シューズ Just Guard
126		仙台車筋風立方体収納箱 仙臺キューブ (小) (天然淡青色)
127		高特性強度亜鉛ダイキャストの開発製品 (材料) 命名 「HZDC500」
128		高機能マドラー「コバドラー」
129	2017	転倒防止性にすぐれた靴「SOJI」
130		さくらんぼの種取り機「種無しマジック チェリースターCherry Star」
131		ユニバーサルカレースプーン
132		ポータブル高さ測定器「ステッチテッカー-Z」
133		雄雉の濡れ蓋 (角蓋)
134	きれいな持ち方になるお鍋「しつけ機」	

14

東北大学堀切川研究室における
産学連携開発リスト

工業一般 スポーツ 医療・福祉 生活

No.	開発年度	開発製品
135	2017	剛性を飛躍的に向上させた自転車フレーム「ヤマモトGo-upフレーム」
136		アルミニウム合金製日本酒ボトルラック 『風の薫』
137		アルミニウム合金用複層形状製造技術「Pop up製造」
138		アルミニウム製ハンププリンター
139		保冷ジョッキ「ウルトラジョッキ」(仮称)
140		3Dカップインコースター
141		ノベルティグッズ「JAMカード」
142		アイスバーン化した圧雪を簡単に削がして除去できる特殊スコップ「白熊手」
143		様々な連結できる椅子「Gran Chairs」
144		ノベルティグッズ「KATAGIRIカード」
145		たためるA4ノート「PATAN」
146		360度監視カメラ「ディカイ」
147		和くるみむき工法
148		泡盛(沖縄ことばで島)とノンアルコールオリオンClear FREEのカケル「鳥っぴー」

15

東北大学堀切川研究室における
産学連携開発リスト

工業一般 スポーツ 医療・福祉 生活

No.	開発年度	開発製品
149	2018	吸水ポンプ用シール
150		装着しやすく、履き心地がよく、滑りにくく、倒れにくい滑り着用靴「JOY STEP」
151		缶飲料用ジョッキ型紙製ホルダー「保温缶スリーブ」
152		大磁CHOKO「YOKO-ZUNA」
161		いざなりクリップシューター (命名)
154		ADL向上自働具スプーン、左手用カレースプーン
155		コンクリート製五合弁「益々繁盛」
156		鼻に優しいコットン配合コットンヒューズ リニューアル版
157		ミラ耀口
158		ドリンクホルダー「YOKO-ZUNA」
159		保冷型ワインボトルラック
160		携帯型ドリンクホルダー「NOMI-TOMO」
161		ピスタチオ殻割り器「OPEN PISTA」(仮称)
162		ブルタブオープンナー「マールかせ坊」(仮称)
163		夢の双方向無線通信システム「BACSA48」(製品名提案)
164		PTFEを用いた「鳴らない嘴子こけし」

16

東北大学堀切川研究室における
産学連携開発リスト

工業一般 スポーツ 医療・福祉 生活

No.	開発年度	開発製品
165	2018	α-Winoマドラー (仮称)
166		高級石材福島本みかげ(八光石)を使った多目的スタンド (仮称)
167		畳を使ったランチョンマット ・ 男の宇宙 (仮称) ・ 女の宇宙 (仮称)
168		長時間水点下で飲める 胸冷樋口Star Five (仮称)
169	耐滑フィルター クニガード (仮称)	
170	2019	世界一の鏡面レベル Ra0.006μm (6nm) ミラチョコ 万華鏡 (仮称)
171		濡れた一升瓶でも濡り落ちないガラス瓶贈送ポータブルコンベア「High μ (ハイミュー)」
172		沢庵和尚ゆかりの地上山手 かみのやま前名物「上山そばたく」
173		飲むりんごジュレ「リンゴタイム」
174		世界初の逆送り切削による「ハヤシ式小径穴ゲージタワ 0.3+0.1n (n=0-10)」
175		テーパピン式抜き位置ずれ低減技術
176		ハルブを原料とする超吸収クッペンペーパー

実用化、事業化した製品件数：176件

17

多数の製品化を図ることができた要因

- ・仙台市地域連携フェロー(H16.4から)
- ・福島県被災地域産業復興支援アドバイザー(H25.4から)
- ・宮城県大崎市ものづくり課題解決研究会座長(H26.4から)
- ・山形県上市市産業振興アドバイザー(H29.4から)

↓

大学教員の立場ではなく
開発支援先・内容に自由度のある
地方自治体の非常勤職員等

の立場で「御用聞き型企業訪問」等を通じて
本気で事業化・実用化を目指した
地域企業への研究開発支援活動
を実践できたこと

18

堀切川の仙台市地域連携フェロー活動が「仙台堀切川モデル」と命名される

産学連携学会 第4回大会(平成18年6月)において林聖子氏(当時(財)日本立地センターに勤務、現 亜細亜大学 教授)により、堀切川に行っている仙台市地域連携フェロー活動が「仙台堀切川モデル」と命名され発表される。

林聖子氏、仙台堀切川モデルの成功シナリオに学ぶ産業支援機関の産学連携による地域振興、産学連携学会第4回大会講演予稿集(2006.6.)

19

堀切川の産学官連携活動に関する林聖子先生(亜細亜大学教授)の研究発表等

1. 林聖子, 「中小企業との産学官連携を成功に導く東北大学大学院工学研究科堀切川一男教授—「仙台堀切川モデル」等—産学連携による地域振興へのインフルエンサー①」, 産業立地, Vol.45, No.4(2008.7).
2. 林聖子, **仙台堀切川モデルの成功シナリオに学ぶ産業支援機関の産学連携による地域振興**, 産学連携学会第4回大会, 2006/6.
3. 林聖子, **仙台堀切川モデル—地域中小企業との産学連携成功の秘訣—**, 産学連携ジャーナル, Vol.3, No.10(2007).
4. 堀切川一男, 林聖子, **仙台堀切川モデルにおける課題抽出・問題設定・問題解決の手法分析**, 産学連携学会第5回大会, 2007/6.
5. 林聖子, 堀切川一男, **仙台堀切川モデルの発展要因と新たな制度設計**(産学連携学会第5回大会)2007/06
6. 林聖子, 地域中小企業の新製品開発を実現する**仙台堀切川モデル**, 経営システム, 18(2)(2008), 81-87.
7. 短期間に多数の成功事例を生み出す新産学官連携スタイル「**仙台堀切川モデル**」の発展(第1報)—仙台市地域連携フェロー活動の体制強化—(産学連携学会第6回大会)2008/06.
8. 短期間に多数の成功事例を生み出す新産学官連携スタイル「**仙台堀切川モデル**」の発展(第2報)—産学連携チャートによる要因分析—(産学連携学会第6回大会)2008/06.
9. 中小企業の価値創出を促進する**仙台堀切川モデル**の展開(産学連携学会第7回大会)2008.
10. 林聖子, 田辺 幸二, 地域中小企業のイノベーション創出を促進する**仙台堀切川モデル**の考察, 産学連携学7巻1号(2010)31-41.
11. 林聖子, **仙台堀切川モデル**から地域中小企業との産学連携成功の秘訣を学ぶ, しんくみ, 57-9(2010), 14-18.
12. 震災復興支援のための**福島堀切川モデル**(研究・技術計画学会第28回年次大会)2013.
13. 林聖子, **仙台堀切川モデルの震災復興版支援活動について**, 産学連携学8巻1号(2011)23-28.
14. 林聖子, **福島堀切川モデル**による震災復興支援, 産学官連携ジャーナル, Vol.10, No.3(2014).
15. 地域中小企業振興を促進する**宮城おおさき堀切川モデル**(産学連携学会第13回大会)2015.
16. **仙台堀切川モデルと福島堀切川モデル**の新製品創出秘意(産学連携学会第14回大会)2016

20

これまでに堀切川が受けた技術相談件数, 開発製品化件数

●これまで受けた**技術相談件数: 3,200件以上**
(約80%が中小企業)
→**技術相談料全て無料**

●これまで開発した**製品化件数: 176件**
(ほとんどが中小企業との連携)
特許等: 約100件
→**ロイヤリティーほぼ無料**

21

これまでに堀切川が行った開発の経済効果

製品化件数: 176件
経済効果: 600億円/年以上

これまでに堀切川が行った開発の累積経済効果見積り

2015→600億円/年

22

転倒事故防止方法の確立と対策
—労働・一般生活の安全のための喫緊の課題—

23

背景 不慮の事故による死者数

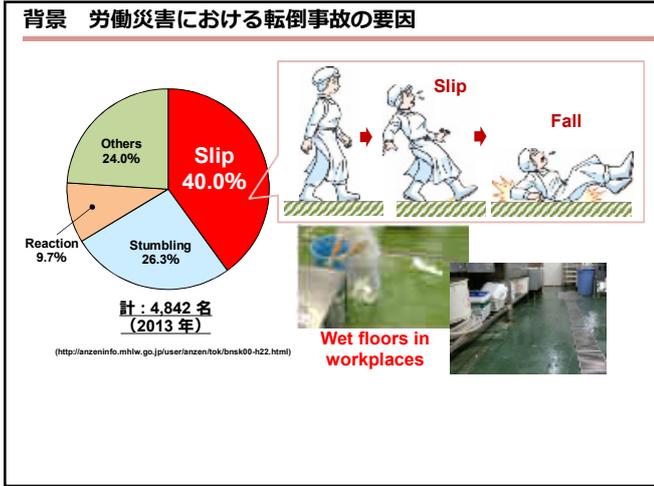
国内の労働災害死傷者数の原因***

Falling	23.5%
Reaction of the movement	13.4%
Tumbling	16.9%
Stuck	12.1%
Traffic accident	6.5%
Others	15.8%
Dropping	5.3%
Cutting	6.4%
Brushing	6.4%

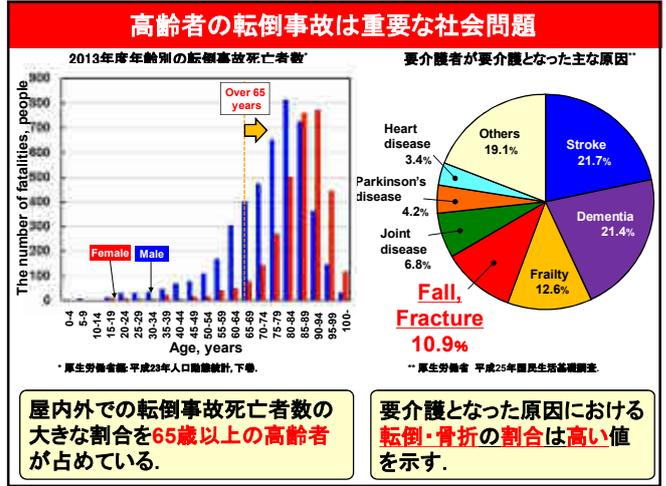
屋内外での転倒事故死者数は年々増加傾向にあり, 近年では交通事故死者数を上回る.

労働災害死傷者の発生原因における転倒の割合は最も高い.

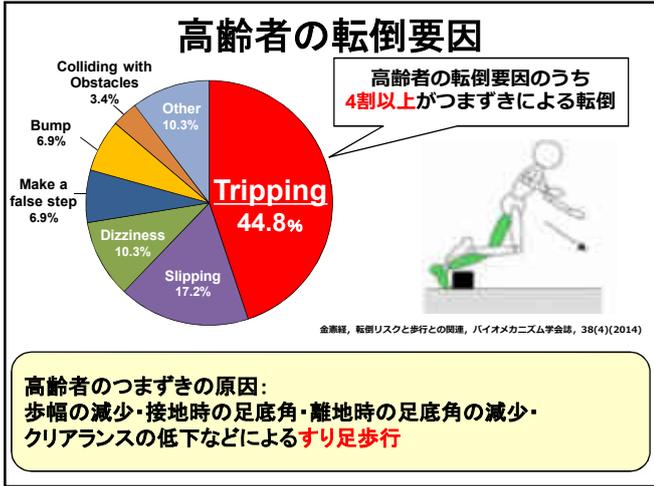
24



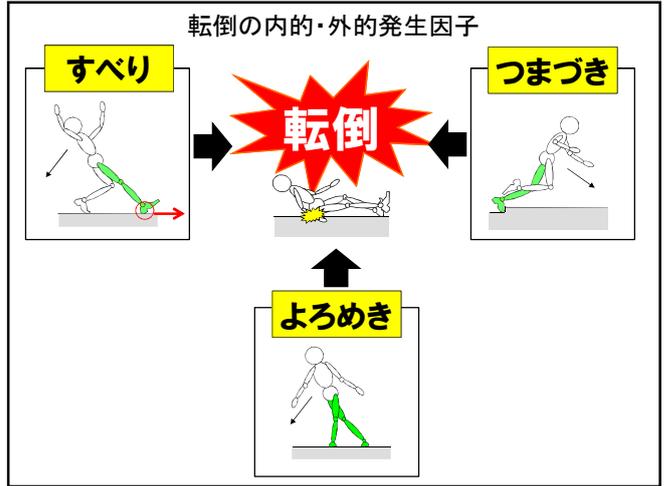
25



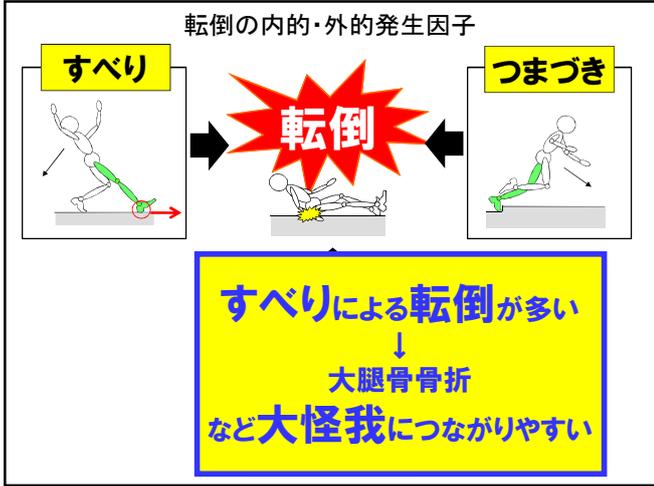
26



27



28

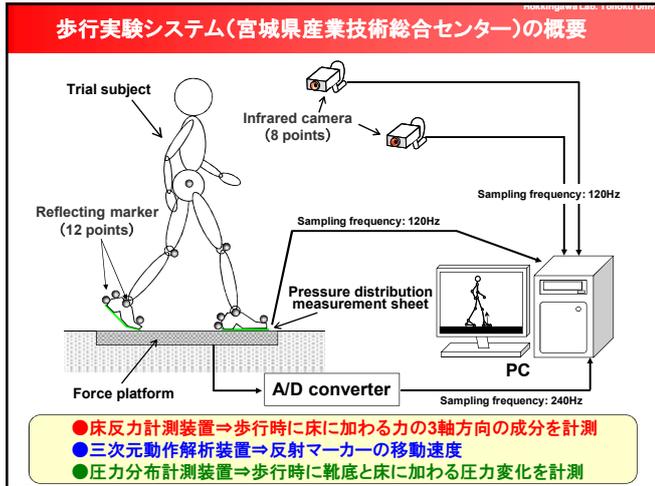


29

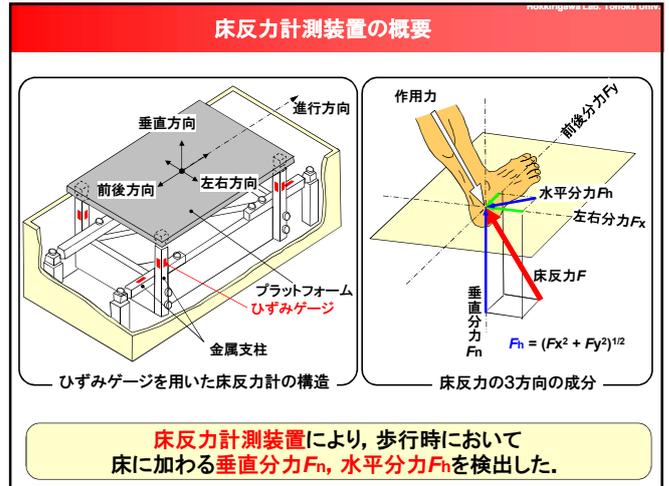
歩行実験によるすべり転倒メカニズムの解明とこれに基づく転倒防止のための歩行摩擦面の安全基準の提案

Dr. HOSOKAWA

30



31



32

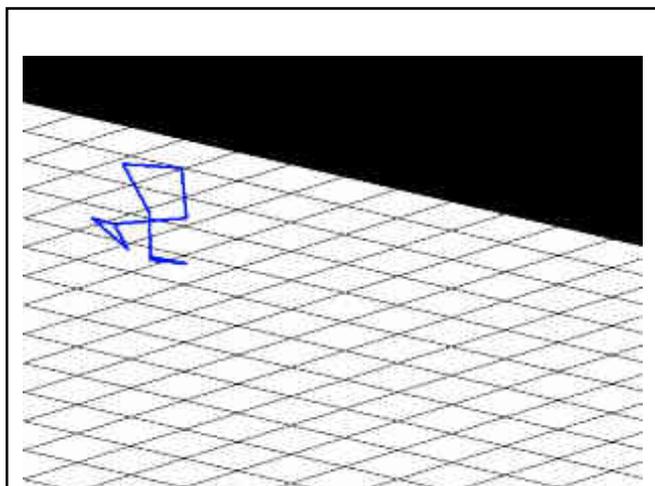
床反力計測装置により、歩行時において床に加わる垂直分力 F_n 、水平分力 F_h を検出した。



33

すべりを生じない場合(乾燥面歩行)の歩行実験結果

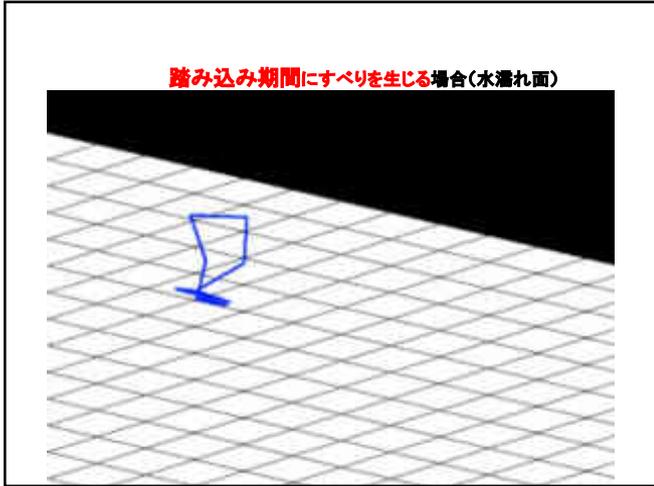
34



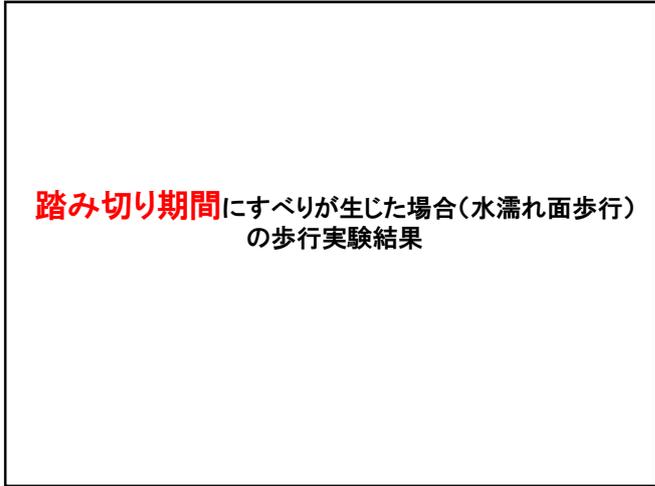
35

踏み込み期間にすべりが生じた場合(水濡れ面歩行)の歩行実験結果

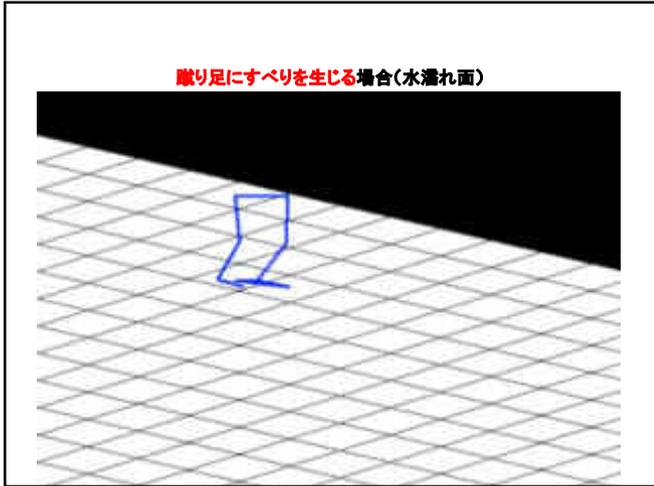
36



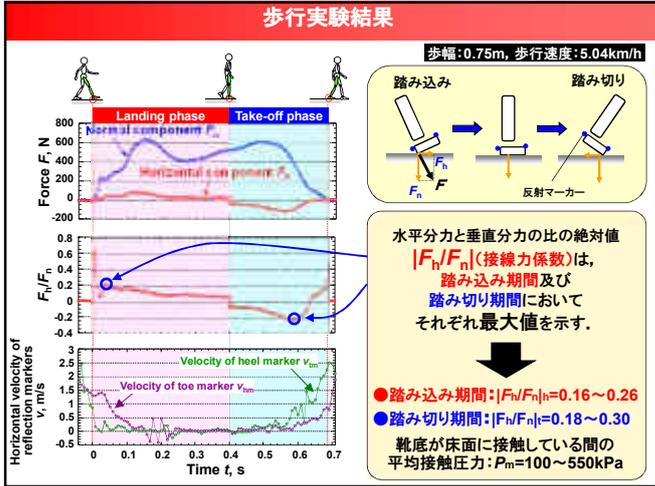
37



38



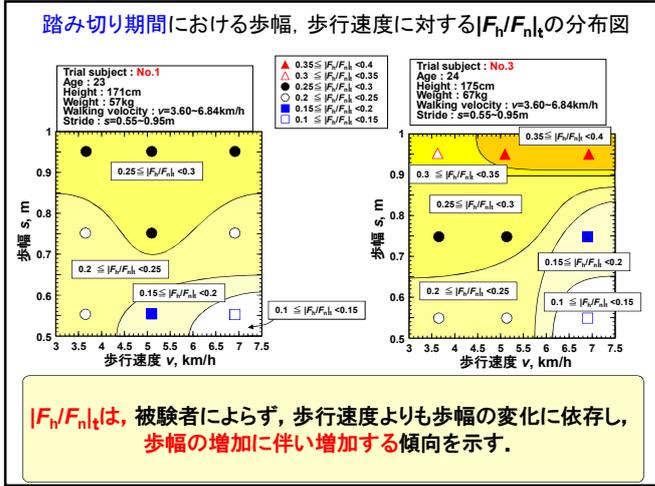
39



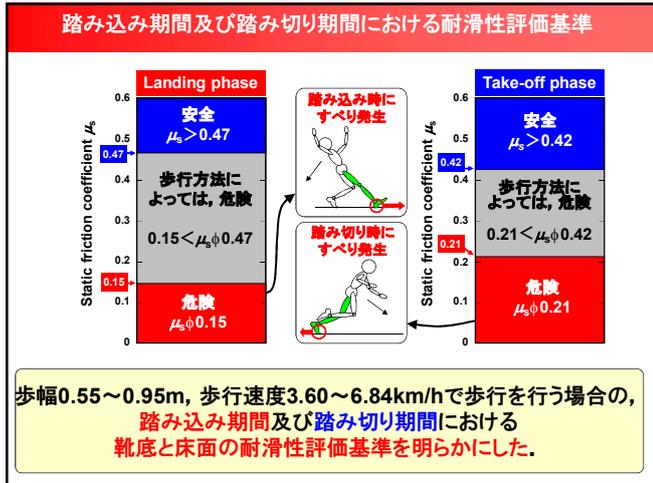
40



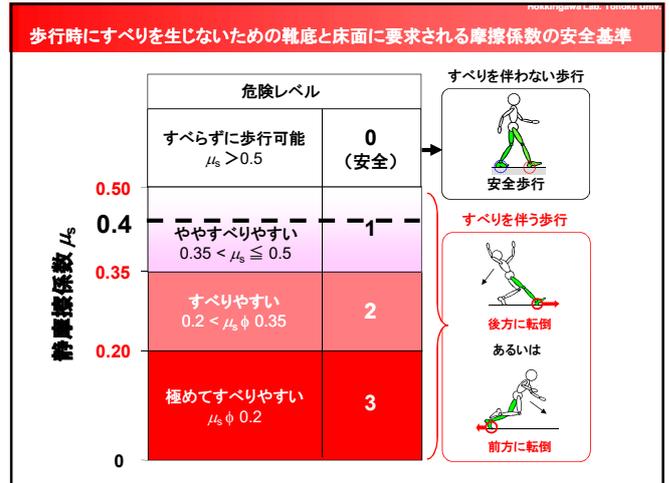
41



42



43



44

靴底と床面の静摩擦係数を測定できる装置があれば
実際の屋内外の各種路面・床面の耐滑性（安全性・危険性）の
評価が可能
↓
携帯型静摩擦係数測定機を開発

45

携帯型静摩擦係数測定機 の開発

46

従来の床材の耐滑性評価方法

床材の耐滑性の官能試験による評価方法

床材の耐滑性評価は、被験者の歩行官能試験に基づく定性的な評価に留まっている。

**耐滑性に優れたコンクリート平板の明確な設計基準は
確立されていないのが現状である。**

47

携帯型静摩擦係数測定機の開発 (株) トリニティラボ・東北大学編切川研究室 共同研究

携帯型静摩擦係数測定機

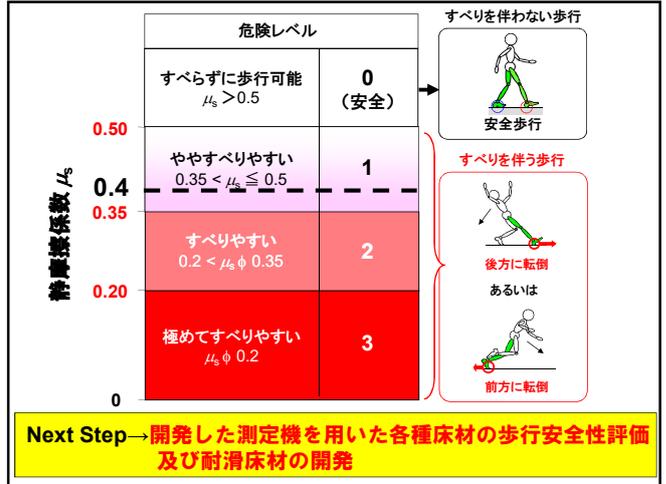
$$\mu_s = F_f / F_n = W \sin \theta / W \cos \theta = \tan \theta$$

現場に携帯し、靴やスリッパ等を取り付けて、屋内外での床、路面の静摩擦係数の測定が可能。これまで実験室での評価に留まっていた靴/床の耐滑性評価を現場で手軽に行うことが可能に！

48



49



50



51



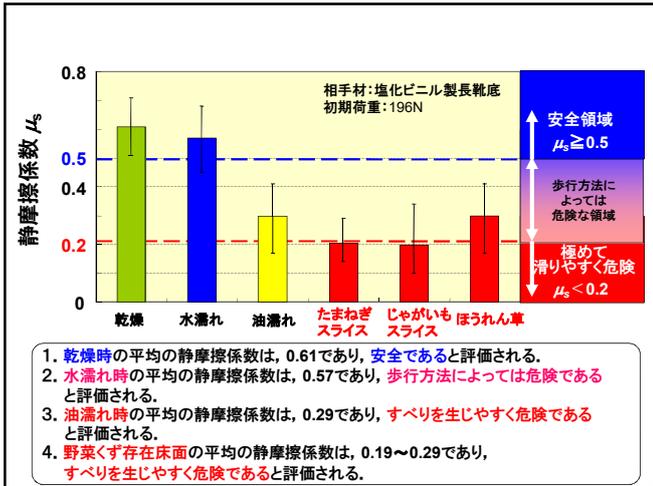
52



53



54



55

すべりやすい床面の種類とそれらへの対策

床面種類	対策
油濡れ (床面種類)	1. 油が溜まりやすい場所には、油吸い取りマットを設置する。 2. 油が溜まりやすい場所には、油吸い取りマットを設置する。 3. 油が溜まりやすい場所には、油吸い取りマットを設置する。 4. 油が溜まりやすい場所には、油吸い取りマットを設置する。
水濡れ (床面種類)	1. フローリング床面は、床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。 2. 床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。 3. 床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。 4. 床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。
野菜くず (床面種類)	1. 野菜くずが溜まりやすい場所には、野菜くず受けを設置する。 2. 野菜くずが溜まりやすい場所には、野菜くず受けを設置する。 3. 野菜くずが溜まりやすい場所には、野菜くず受けを設置する。 4. 野菜くずが溜まりやすい場所には、野菜くず受けを設置する。
その他 (床面種類)	1. フローリング床面は、床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。 2. 床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。 3. 床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。 4. 床面材の目地を埋め、目地材の目詰りを防ぐ。

56

商店街路面の耐滑性評価試験の実施

概要

平成17年12月26日から平成18年1月16日にかけて、6つの商店街の路面の乾燥時、水濡れ時、泥水存在下時における静摩擦係数を測定し、耐滑性評価を行った。

57

商店街Aの各路面の耐滑性評価結果

測定場所	耐滑性評価結果		
	乾燥時	水濡れ時	泥水存在時
①	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.41$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.39$)	危険レベル2 すべりやすい ($\mu_s = 0.28$)
②	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.46$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.41$)	危険レベル2 すべりやすい ($\mu_s = 0.30$)
③	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.36$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.38$)	危険レベル2 すべりやすい ($\mu_s = 0.23$)
④	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.38$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.39$)	危険レベル2 すべりやすい ($\mu_s = 0.22$)

58

商店街Bの各路面の耐滑性評価結果

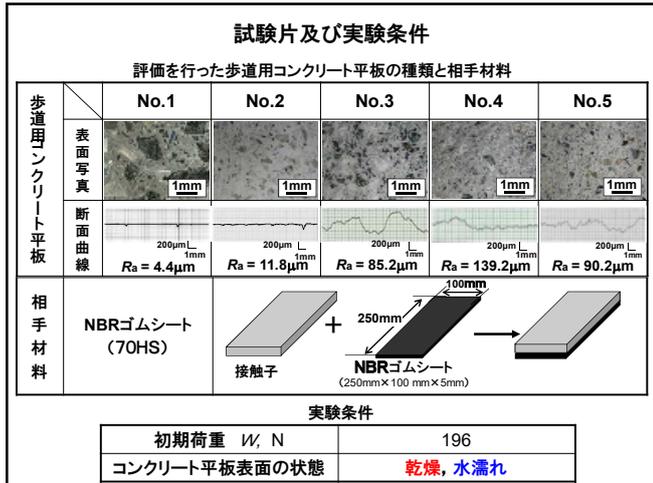
測定場所	耐滑性評価結果		
	乾燥時	水濡れ時	泥水存在時
①	安全 ($\mu_s = 0.60$)	安全 ($\mu_s = 0.54$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.42$)
②	安全 ($\mu_s = 0.71$)	安全 ($\mu_s = 0.58$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.46$)
③	安全 ($\mu_s = 0.54$)	安全 ($\mu_s = 0.52$)	危険レベル2 すべりやすい ($\mu_s = 0.32$)
④	安全 ($\mu_s = 0.64$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.50$)	危険レベル1 ややすべりやすい ($\mu_s = 0.37$)

59

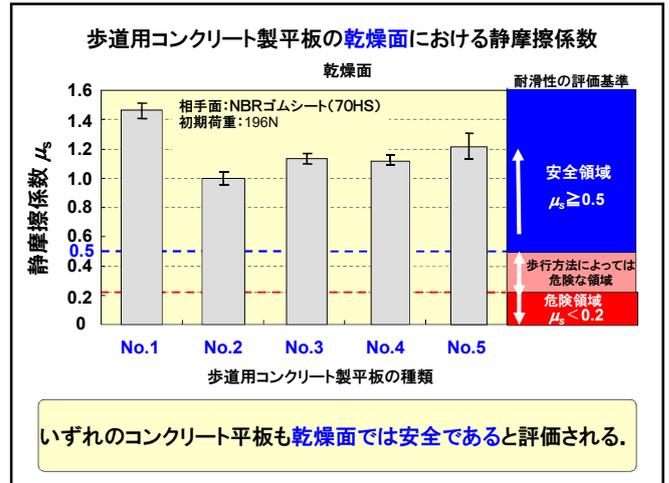
水濡れ条件下における屋外歩道用耐滑コンクリート平板の開発

Dr. Hoashi Tetsuya

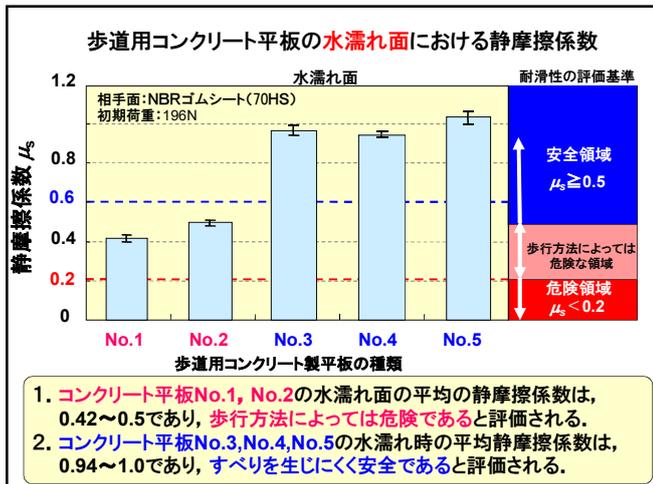
60



61



62

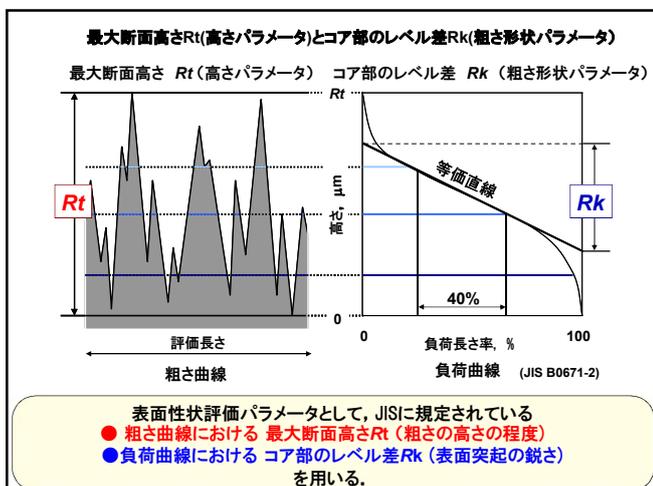


63

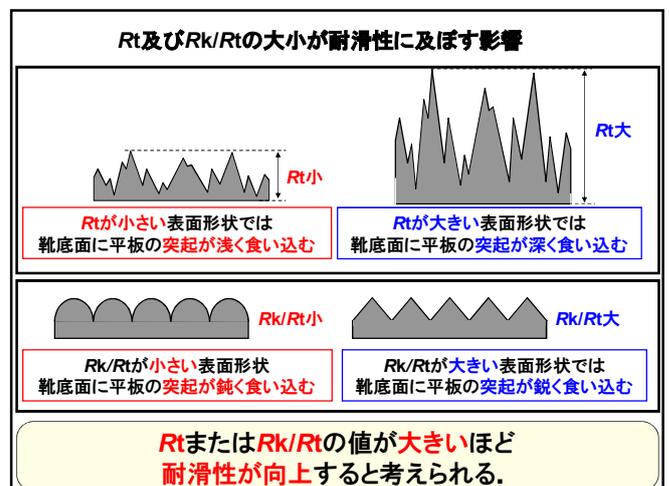
歩道用コンクリート平板の耐滑性向上のための表面性状設計指針

Dr. Hosokawa

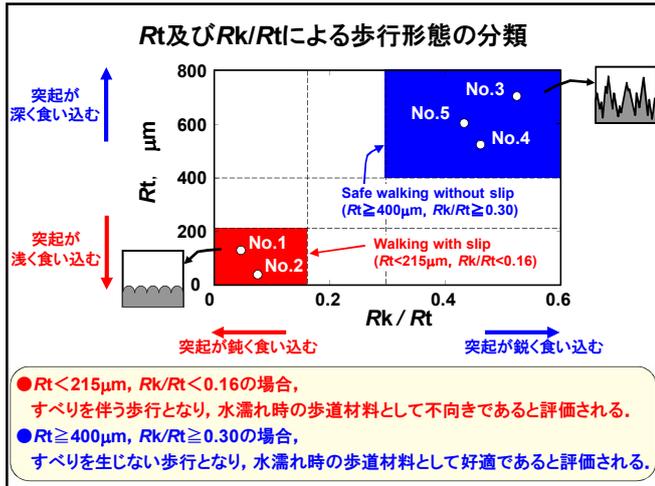
64



65



66



67

耐滑性に優れる歩道用コンクリート平板の開発

(株)センコン・東北大学堀切川研究室 共同研究

ショットブラスト加工を施した耐滑コンクリート平板

仙台フィンランド健康福祉センター
(宮城県仙台市青葉区水の森3-24-1)

特殊な表面仕上げ加工を施すことで、雨天時など水で濡れた場合の耐滑性の向上に成功。現在、仙台フィンランド健康福祉センター内の歩道材として採用されている。

68

耐滑性に優れる歩道用コンクリート平板の開発

(株)センコン・東北大学堀切川研究室 共同研究

ショットブラスト加工を施した耐滑コンクリート平板

特殊な表面仕上げ加工を施すことで、雨天時など水で濡れた場合の耐滑性の向上に成功。これまで、様々な地域の歩道に採用されている。

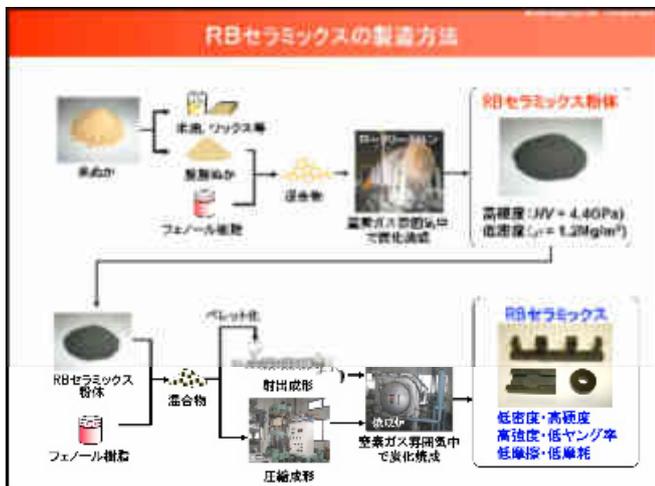
69

耐滑履物の開発

安全靴・作業靴・防災シューズ・
一般靴・スポーツシューズ・
サンダル, etc.

Dr. Hosokawa

70



71

高機能・多機能材料としてのRBセラミックスの特徴

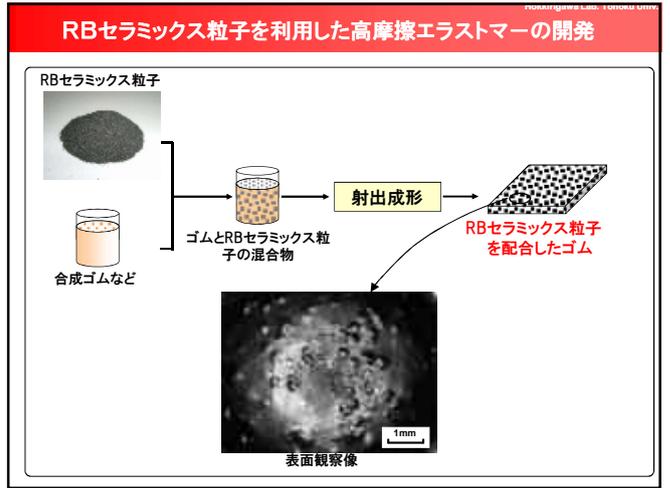
高硬度	Hv=400~500	焼入れ鋼と同等
高強度	$\sigma_t=70\sim270 \text{MPa}$	黒鉛の14~50倍
低密度	$\rho = 1\sim1.5 \text{Mg/m}^3$	樹脂と同等
多孔質	$\alpha = 40\sim60\%$	炭素鋼の1/20~1/70
低ヤング率	$E=3\sim15 \text{GPa}$	樹脂と同等
低摩擦	$\mu = 0.03\sim0.1$ (水中), $\mu = 0.13\sim0.2$ (無潤滑下)	スティック・スリップや摩擦振動の抑制効果を有する
耐摩耗性に優れる	$ws=10^{-11} \sim 10^{-8} \text{mm}^2/\text{N}$	炭素鋼の1000倍以上

電気抵抗を広範囲に調整可能 ($10^2 \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$)、電磁波シールド効果を有する、耐食性に優れる、強度のばらつきが極めて小さい、など

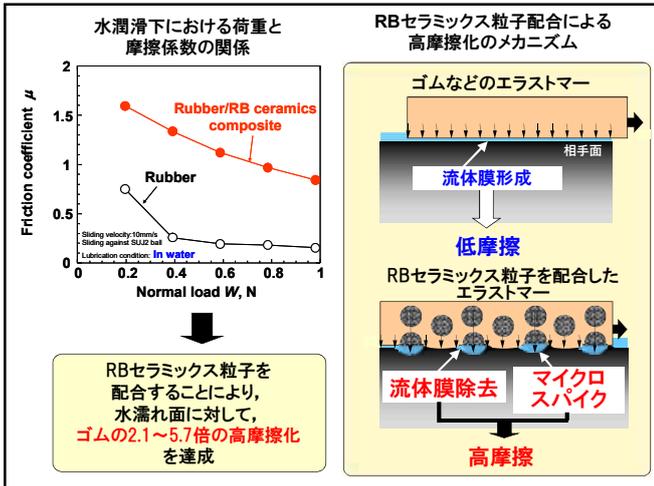
72



73



74



75



76



77



78

RBセラミックス粒子配合ソールを用いた防滑防水一体成形靴
 (株)中村商店・ヒカリ技研工業(株)・東北大学堀切川研究室 共同研究

米ぬかセラミックス(RBセラミックス)粒子を配合したゴムソール

片足の重量がおよそ170gと超軽量!

RBセラミックス粒子を配合したゴムシートとEVA製の一体成形靴を組み合わせることで、**防滑機能と防水機能を併せ持つ雨・雪の日専用靴を開発**

79

RBセラミックス粒子配合ソールを用いた防滑・防水・一体成形靴

(株)中村商店(宮城県)
 ヒカリ技研工業(株)(大阪府)
 堀切川研究室(東北大学)

↓

産・産・学の連携で開発

80

RBセラミックス粒子配合ソールを用いたレーシングブーツ
 青木安全靴製造(株)・東北大学堀切川研究室 共同開発

2008年新春 全国ロードショー

RBセラミックス粒子配合ソールを用いたレーシングブーツ。哀川翔さん主演の映画「SS エスエス」において使用されています。

81

糖尿病足対応靴“A-Bee”(アビー)の開発

青木安全靴製造(株)と共同開発
 (2011年4月より、楽天市場などで販売開始)

糖尿病足対応靴

A-Bee

82

RBセラミックス粒子配合ソールを用いた滑りにくいサンダルの開発
 (株)中村商店・東北大学堀切川研究室 共同研究

滑りにくいサンダル

通常ウレタンソールに対するRBセラミックス配合ソールの耐滑係数比

試験速度	通常ウレタンソール	RBセラミックス配合ソール
低速摩擦試験	1.0	2.1
中速摩擦試験	1.0	1.8
高速摩擦試験	1.0	1.4

米ぬかセラミックス(RBセラミックス)粒子を配合したゴムソール

通常のウレタンソールの一部に米ぬかセラミックス粒子を配合したゴムソール材を貼り付けることで、**耐滑性の向上に成功している。**
 平成17年10月より東北地区で販売開始。

83

84

スベリにくいサンダルのタグ

表面

裏面

85

入院患者用の滑りにくく履きやすいサンダルの開発

一堀切川・山口(健)研究室の大学院学生による
開発した耐滑サンダルの東北大学病院での摩擦試験の実施一

乾燥面ですべらず安全歩行可能

乾燥面、水濡れ面いずれに対しても極めてすべりにくく安全

水濡れ面ですべらず安全歩行可能

入院患者用サンダルのRBセラミックス粒子配合ゴム製ソール

市販サンダルのEVA製ソール

市販スリッパのPVC製ソール

乾燥面に対する静摩擦係数 μ_{s_dry}

東北大学病院内でのサンダルの摩擦試験風景

86

入院患者用の滑りにくく履きやすいサンダルの開発

あんぜんそくしん
滑りにくいサンダル「安全足進」

- 東北大学 堀切川研究室
- (株) 中村商店 (宮城県石巻市)
- 東北大学病院 医療安全推進室
- 支援: 仙台市, 仙台市産業振興事業団

産学官連携による共同開発
2006.11より発売
販売足数 **30万足** 突破のヒット商品!

中村商店 (石巻市) は、東日本大震災により倉庫が大きな被害を受け、復興に奮闘中。

87

入院患者用の滑りにくく履きやすいサンダルの開発

中村商店は、「安全足進」のサンダルの開発・事業化により、**石巻大賞** を受賞しました!

東日本大震災により倉庫が大きな被害を受け、復興に奮闘中。

88

89

RBセラミックス粒子配合ソールを用いた看護士用安全サンダル

(株) 中村商店・東北大学病院・東北大学堀切川研究室 共同開発

RBセラミックス粒子配合ゴムソールを全面に貼付け

相手床面: 屋内樹脂製床面

極めてすべりにくく安全

歩行方法によっては滑る場合もある

すべりやすい

極めてすべりやすく危険

静摩擦係数 μ_s

vs. 乾燥面 vs. 水濡れ面

ソールの全面にRBセラミックス粒子配合ゴムを張ることにより、濡れた床や階段を急いで降りる時も優れた耐滑性を発揮。また、素材に足あたりが優しく、ソフトなフェルトを使用。外反母趾の方には特におすすめ。

90

RBセラミックス粒子配合ソールを用いた温泉用安全下駄
(株)中村商店・東北大学堀切川研究室 共同開発

温泉下駄の耐久性評価試験結果
(石巻北上川土手において10kmの歩行後を実施)

新開発の温泉用下駄 従来の温泉用下駄

17mm RBセラミックス粒子配合ゴムシート

10kmの歩行後、かかと外側以外に摩耗は見られない。

10kmの歩行で、激しい摩耗が見られた。(6mm下駄底が摩耗)

下駄底にRBセラミックス粒子配合ゴムシートを張ることにより、水濡れ路面に対する耐滑性の向上及び耐久性の向上を確認。

91

RBセラミックス粒子配合ソールを用いた滑りにくい草履
ますや履物店・東北大学堀切川研究室 共同開発

RBセラミックス配合ソール

草履底にRBセラミックス粒子配合ゴムシートを張ることにより、水濡れ路面に対する耐滑性の向上及び耐久性の向上を確認。

92

2018年度表彰品

93

ドライバー用すべりにくいサンダル 安全足進
東北大学堀切川・山口(健)研究室、(株)中村商店の共同開発製品(平成21年4月発売)

ドライバー 安全足進

滑りにくいすべりにくいサンダル

ブレーキペダルの横スベリ防止! 運転時の疲労軽減! 長時間運転でもムレずに快適!

94

靴底の簡易滑り止め“SNOW PATCH”の開発
モリト(株)と共同開発(2003年より販売開始)

SNOW PATCH (RBセラミックス粒子をゴムに練りこんだ靴底シート)

靴底面にSNOW PATCHを接着

簡易耐滑シューズ!!

従来の靴に比べ水濡れ面に対する耐滑性が2~5倍向上

95

2003年10月10日付 日本経済新聞 産業経済

米ぬかから靴パッチ

96

常識を超える 凄ワザトライボロジー への挑戦

(3) 水や油で濡れた危険床面
での歩行安全性に優れた
超耐滑シューズの開発

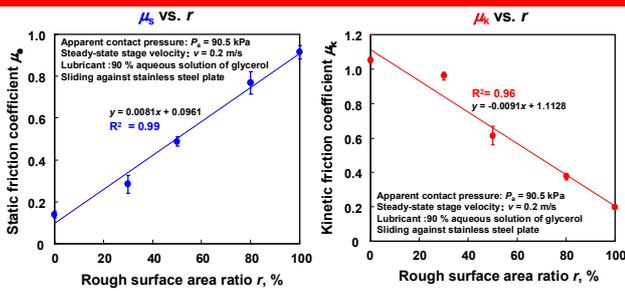
97

平滑面と粗面を組み合わせた
ソールパターンにより
グリセリン水溶液潤滑下での
静、動摩擦係数を
ともに高くすることに挑戦



98

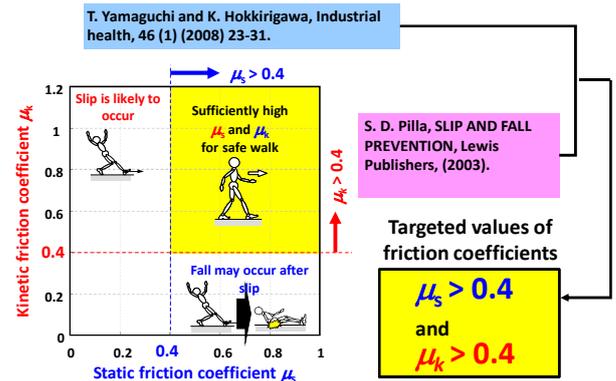
静、動摩擦係数に及ぼす粗面面積率の影響



90%グリセリン水溶液潤滑下において、
静、動摩擦係数の値は、粗面面積率により制御可能

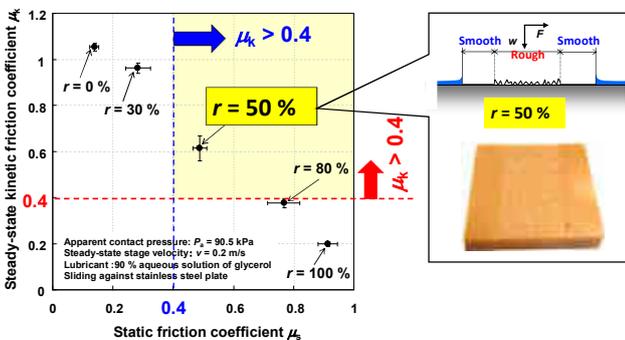
99

静摩擦係数、動摩擦係数ともに0.4以上なら 転倒抑制効果が期待できる



100

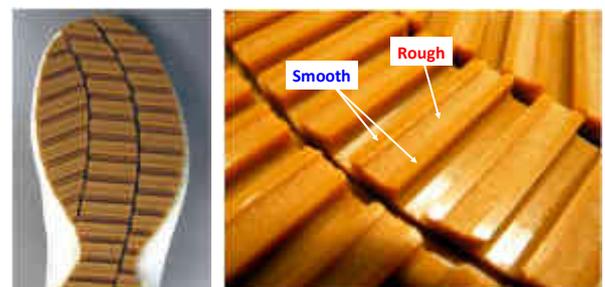
粗面面積率50%→静、動摩擦係数ともに0.4以上にできる



The rough surface area ratio of 50% only achieves the value of static friction coefficient greater than 0.4 and the value of steady-state kinetic friction coefficient greater than 0.5 on the contaminated smooth stainless steel surface.

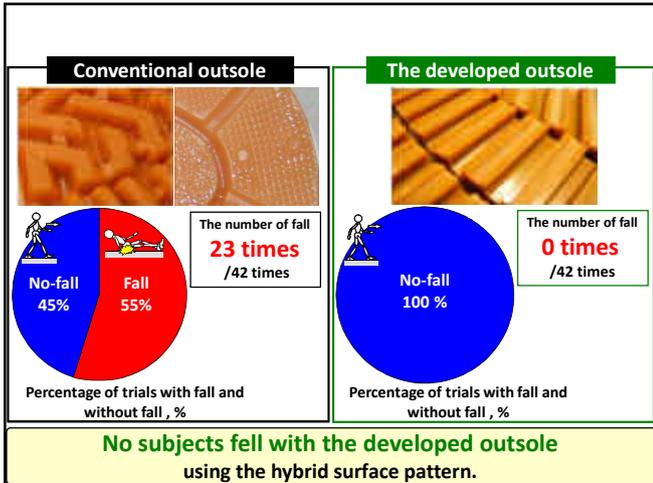
101

水や油で濡れた危険床面でも滑りにくい靴を開発



A rubber outsole using the hybrid rubber surface pattern (r = 50%) was developed.

102



103

食品加工・厨房用の超耐滑スニーカー
シェフメイト グラスパー
 東北大学 堀切川・柴田研究室/山口(健)研究室, 弘進コム(株)の共同開発製品

食品加工・厨房用スニーカー
CHEFMATE GRASPER
 日本製

超耐滑 Dr.ホッキーソール
 産学連携の開発製品

静摩擦と動摩擦を向上
 「滑り出しにくく、滑り出してもすぐ止まる」



104

食品加工・厨房用の超耐滑スニーカー
シェフメイト グラスパー
 東北大学 堀切川・柴田研究室/山口(健)研究室, 弘進コム(株)の共同開発製品

食品加工・厨房用スニーカー
CHEFMATE GRASPER
 日本製

**経済産業省
 第5回日本ものづくり大賞(優秀賞)を受賞!
 (2013年度)**

静摩擦と動摩擦を向上
 「滑り出しにくく、滑り出してもすぐ止まる」



105

NHK超絶凄ワザ!で総合優勝できました!!

NHK「超絶凄ワザ!」の番組から生まれた産学連携開発品
防災活動シューズ「Just Guard」
 堀切川研究室と青木安全靴製造(株)との共同開発(2017.5発売開始)

滑りにくい靴対策 優勝
 爪先保護性能
 耐踏抜き性能
 1,100Nクリア

最強の
普段履きシューズ



106



107

NHK「超絶凄ワザ!」の番組から生まれた産学連携開発品
防災活動シューズ「Just Guard」
 堀切川研究室と青木安全靴製造(株)との共同開発(2017.5発売開始)

滑りにくい靴対策 優勝
 爪先保護性能
 耐踏抜き性能
 1,100Nクリア

最強の
普段履きシューズ

- (1) 散乱するがれきやガラス片、クギなどを踏んでも指先を守り
- (2) 衝撃から指先を守る
- (3) 水に濡れた地面の上でも滑らない
- (4) 靴の内側に水を透さない
- (5) 軽量で疲れにくい



108



109



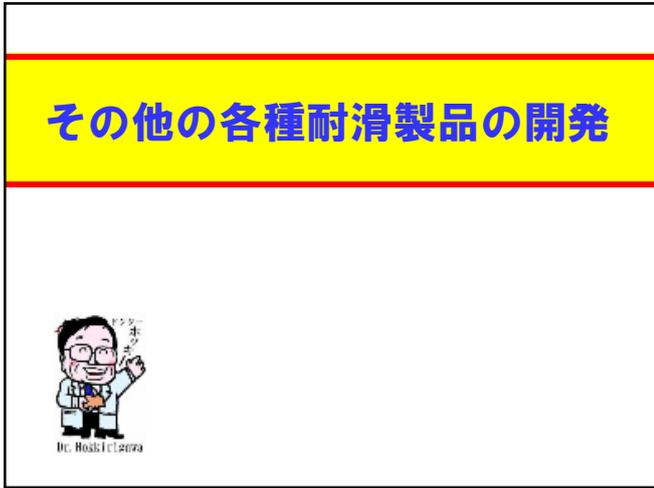
110



111



112



113



114

評価を行った各種屋内用床材の種類と相手材料

屋内用床材	概観	PP製量※ (綾織り)	PP製量※ (平織り)	いぐさ製量	木製 フローリング材
	表面写真				

相手材料: 木綿生地

※ PP:ポリプロピレン

実験条件	
初期荷重 W, N	196
床材表面の状態	乾燥

接触子に木綿生地を装着した様子

115

各種屋内用床材の乾燥面の静摩擦係数

耐滑性の評価基準
歩行方法によっては危険な領域
極めて滑りやすく危険
 $\mu_s < 0.2$

- PP製量は、他の2種類の材料に比べ静摩擦係数が高く、試験方向による静摩擦係数の差が小さい。
- いずれの屋内用床材も乾燥時の平均の静摩擦係数が0.3以下の低い値を示すことから、すべりやすく危険であると評価される。
- 織目方向に平行な場合のいぐさ製量の静摩擦係数及び木製フローリング材の静摩擦係数は、0.1付近の極めて低い値を示し、最も危険であると評価される。

116

樹脂製量「おり座」の耐滑性、クッション性の評価
(有)オリザジャパン・東北大学堀切川研究室 共同研究

●ポリプロピレン繊維製量『おり座』

オリザジャパンにて開発されたポリプロピレン製繊維からなるおり座が、いぐさ量や木製フローリング素材に比べ、耐滑性及びクッション性に優れる安全性の高い屋内床材であることを明らかにしている。

117

洗える低床ベッドを製品化
(有)オリザジャパン・東北大学堀切川研究室 共同研究

ポリプロピレン繊維製量『おり座』シリーズとして、洗える低床ベッドを製品化

118

杖と其足の先、景色を

アンパルス

株式会社 タナニエ

119

ローラー駆動式車いす用電動ユニット

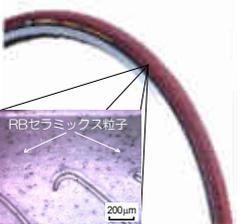
世界最軽量級 ローラー駆動式 車いす用電動ユニットTRD-1
ミクニマキノ工業(株)(現(株)アクリテック)、出光興産(株)と共同開発
(2003年より販売開始)

雨天時でも確実に駆動力を伝達!

120

耐滑性に優れるレース用自転車タイヤの開発
 (株)東北イノアック・東北大学堀切川研究室 共同研究

ハイグリップレース用自転車タイヤ 『REDSTORM RBCC』



RBセラミックス粒子

200μm

国内向け販売パンフレット

欧米向け販売パンフレット

ハイグリップレース用自転車タイヤ

従来のゴム素材に堀切川研究室で開発されたRBセラミックス粒子を配合することにより、雨天時でもグリップ力の落ちない耐滑性に優れるレース用自転車タイヤを開発し、実用化を達成している。

121



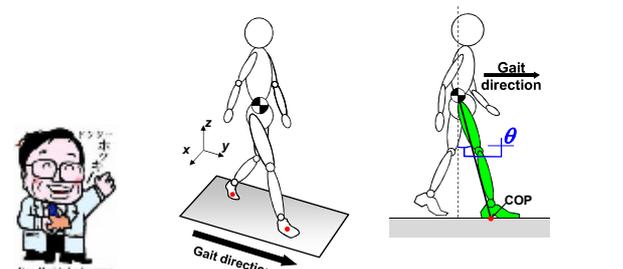
122

アイスバーン化した圧雪を簡単に剥がして除去できる特殊スコップ
 「白熊手」(仮称)を、石川県能登町「ふくべ鍛冶」と開発(2018.2)




123

安全な歩き方に関する研究



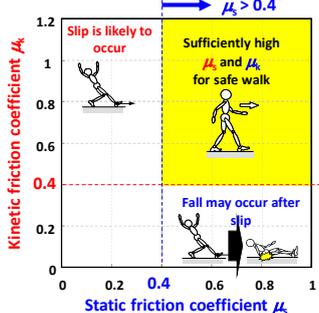
Dr. Hisashi Igarashi

124

静摩擦係数、動摩擦係数ともに0.4以上なら転倒抑制効果が期待できる

T. Yamaguchi and K. Hokkirigawa, Industrial health, 46 (1) (2008) 23-31.

S. D. Pilla, SLIP AND FALL PREVENTION, Lewis Publishers, (2003).

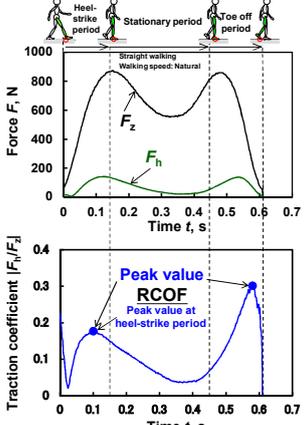


Targeted values of friction coefficients

$\mu_s > 0.4$ and $\mu_k > 0.4$

125

歩行中の接線力係数と必要摩擦係数(RCOF)



Force F, N

Time t, s

Traction coefficient $|F_h|/|F_z|$

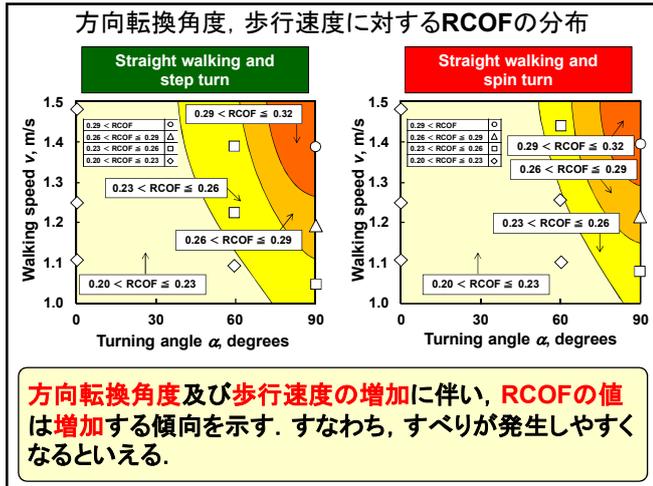
Time t, s

Peak value RCOF
 Peak value at heel-strike period

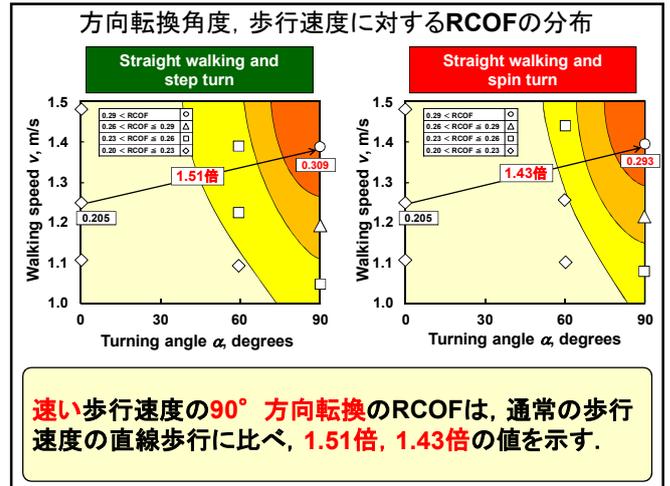
水平面歩行では、特に踏込期間におけるRCOFが重要である。

*RCOF: Required coefficient of friction

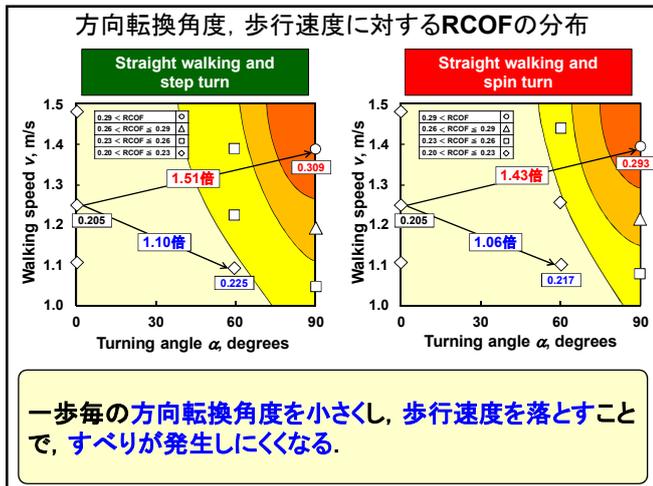
126



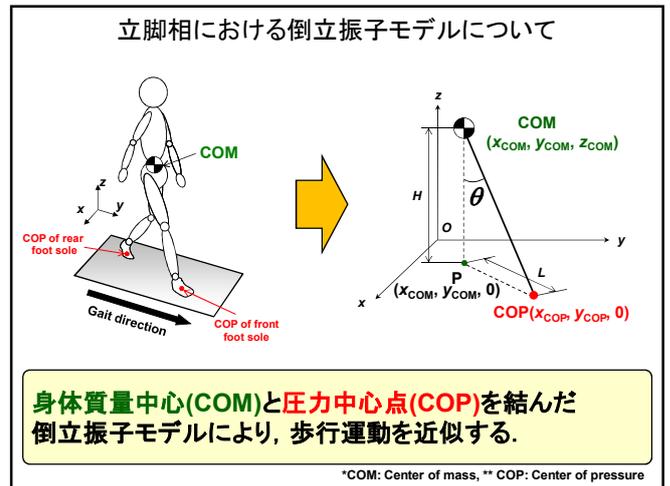
127



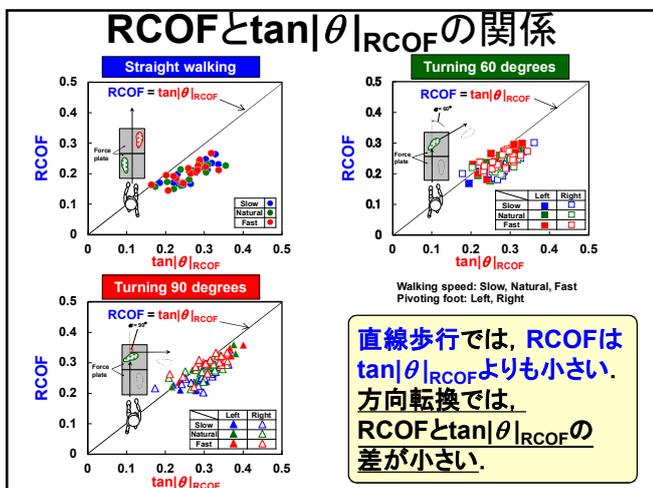
128



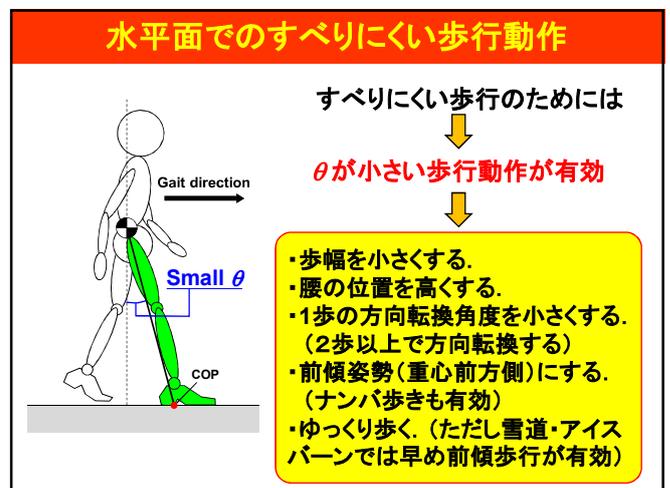
129



130



131



132

傾斜面歩行への応用

133

日常生活における傾斜面

Longitudinal slope, %	Ramp angle β , °
2	1.1
12	6.8

*道路構造令第二十条

道路以外では、10°以上の傾斜面は存在しており、この場合、上りにおいても下りにおいてもすべりが発生しやすい危険な面といえる。

134

日常生活におけるすべりが生じやすい場所

整備された乾燥面では、一般に、静摩擦係数が1.0以上となるため、傾斜面においてもすべりが生じにくい。

135

日常生活におけるすべりが生じやすい場所

氷面では、一般に、静摩擦係数は0.1以下となるため、水平面歩行においてもすべりが生じやすく、危険である。

136

日常生活におけるすべりが生じやすい場所

濡れたグレーティング上では、一般に、静摩擦係数が0.3となるため、特に傾斜がある場合にはすべりが生じやすく、危険である。

137

日常生活におけるすべりが生じやすい場所

水平面歩行ではすべりが生じない場合でも、傾斜がある場合にはすべりが発生するおそれがある。

138

歩行転倒事故防止のために 摩擦のバリアフリー という新しい概念を提案

139

背景と目的

転倒事故死は年々増加しており、その9割は高齢者。

高齢者の転倒原因の4割以上が「つまずき」。

不慮の事故死者数 推移 (死因別)

年齢階層別 転倒・転落死者数

転倒の主な原因

平成27年 人口動態調査 上巻 表5.31表 不慮の事故の種類別に見た年齢別死亡数

金澤経, 転倒リスクと歩行との関連, バイオメカニクス学会誌, 38(4)(2014)

140

つまずきの主原因は、加齢に伴う身体機能の低下による

「すり足歩行」

バリアフリー化普及
↓
転倒事故減らず
↓
段差の解消のみでは対策は不十分

つまずき現象は、重心周りのモーメント(M_x)で捉えられる*

堀切川研究室の仮説
床材の変わり目における摩擦係数変化により、つまずきが誘発される?
⇒ 研究例皆無

段差や障害物によりつまずき発生
↓
研究例多数

141

試験概要

歩行試験システム

摩擦係数の異なる2種の床材を並べ、歩行試験を実施。
床反力と位置情報をフォースプレートと3Dモーションキャプチャシステム用いて計測。

3D Motion Capture Cameras

Step Length Markers

Floor 1

Force Plates

Floor 2

Walking Direction

142

結果4. すり足歩行における床材の変わり目での危険性

床材の組合せHL

床材の組合せLH

2枚目に接地

High μ

Low μ

重心周りのモーメント

前方へ回転

後方へ回転

時間 t, sec

被験者: 167cm; 65kgf; 23 yr.

すり足歩行では、床材の変わり目で M_{x_max} が変化する。

143

接地直後の摩擦係数と重心周りのモーメント M_x の関係

通常歩行

すり足歩行

Shoes

Socks

重心周りのモーメント M_{x_max} , N.m

接地直後の摩擦係数 μ

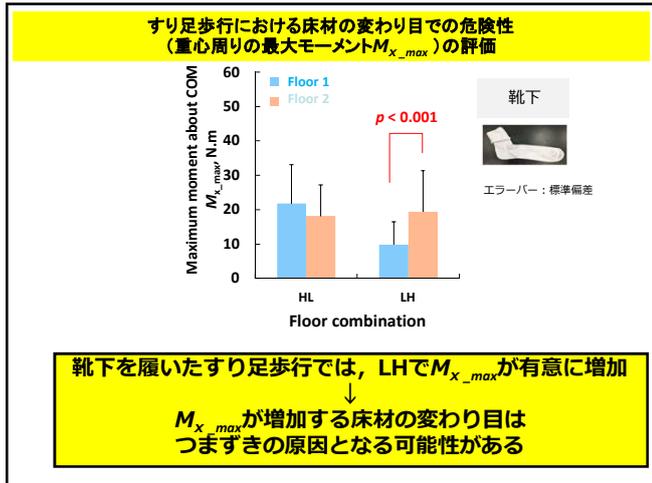
$r = 0.318$

通常歩行では、摩擦係数と M_{x_max} に相関なし。

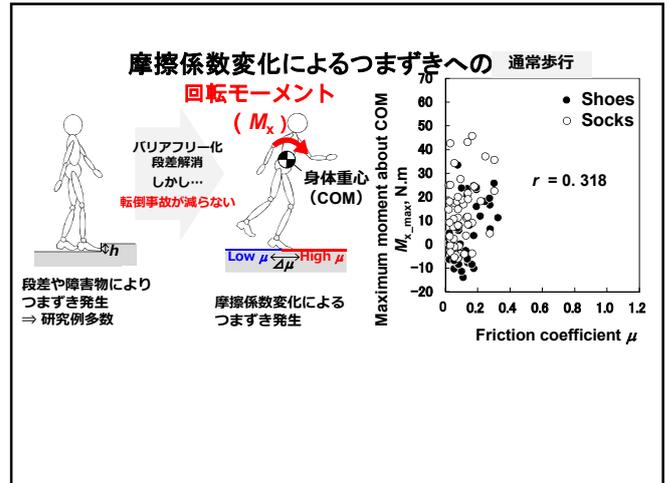
すり足歩行では、摩擦係数の増加に伴い、 M_{x_max} も増加する。

摩擦係数と M_{x_max} に強い正の相関

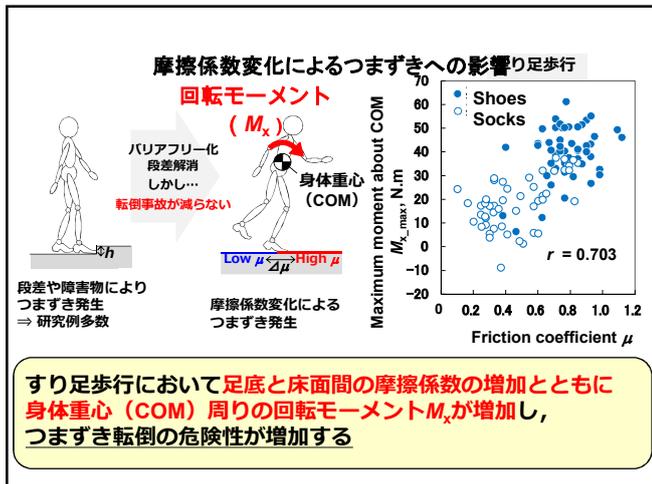
144



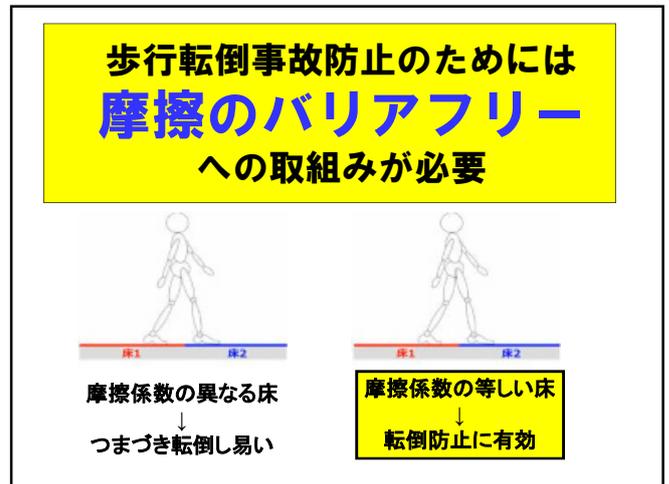
145



146



147



148

まとめ

歩行中の転倒事故防止への取組みは、
労働安全の視点
のみならず
国民の歩行安全の視点
からも喫緊の重要課題である。

149