

2004年度 修士論文

携帯電話使用が歩行回避行動に及ぼす影響について

Study on the effect of the use of cellular phone on avoidance behavior of pedestrian

松永 文彦

Matsunaga, Fumihiko

東京大学大学院新領域創成科学研究科
環境学専攻 社会文化環境コース

目次

第1章 序章

1.1 研究の背景	・・・	3
1.2 研究の目的	・・・	4
1.3 研究のアプローチ	・・・	5
1.4 社会的動向	・・・	7
1.4.1 携帯電話利用者の推移		
1.5 既往研究	・・・	8
1.5.1 回避行動を対象とした研究		
1.5.2 携帯電話に関する研究		
1.5.3 群集流動シミュレーションに関する研究		

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

2.1 実験の目的	・・・	13
2.2 実験概要	・・・	13
2.3 実験の流れ	・・・	14
2.4 実験の詳細	・・・	15
2.4.1 被験者		
2.4.2 実験コース		
2.4.3 携帯電話と会話内容		
2.4.4 データの採取方法		
2.4.5 分析方法		
2.4.6 実験日程		
2.5 実験結果	・・・	30
2.5.1 歩行軌跡		
2.5.2 歩行速度		
2.5.2.1 進行方向速度 (V_x)		
2.5.2.2 側方向速度 (V_y)		
2.5.2.3 側方向速度・加速度最大地点		
2.6 まとめ	・・・	38
2.7 今後の課題	・・・	38

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

3.1 実験の目的	・・・	41
3.2 実験概要	・・・	41
3.3 実験の流れ	・・・	42

3.4	実験の詳細	・・・	43
3.4.1	被験者		
3.4.2	実験コース		
3.4.3	携帯電話と会話内容		
3.4.4	データの採取方法		
3.4.5	分析方法		
3.4.6	実験日程		
3.5	実験結果	・・・	53
3.5.1	歩行軌跡		
3.5.2	歩行速度		
3.5.2.1	進行方向速度 (V_x)		
3.5.2.2	側方向速度 (V_y)		
3.5.2.3	側方向平均歩行速度		
3.5.2.4	側方向速度・加速度最大地点		
3.5.2.5	判別分析		
3.6	まとめ	・・・	67
3.7	今後の課題	・・・	67
第4章 すれ違い時の回避行動に及ぼす影響			
4.1	実験の目的	・・・	71
4.2	実験概要	・・・	71
4.3	実験の流れ	・・・	71
4.4	実験の詳細	・・・	72
4.4.1	被験者		
4.4.2	実験コース		
4.4.3	携帯電話と会話内容		
4.4.4	データの採取方法		
4.4.5	分析方法		
4.4.6	実験日程		
4.5	実験結果	・・・	73
4.5.1	歩行軌跡		
4.5.2	歩行速度		
4.5.2.1	進行方向速度 (V_x)		
4.5.2.2	側方向速度 (V_y)		
4.5.2.3	側方向速度・加速度最大地点		
4.5.2.4	判別分析		

4.6	まとめ	・・・	86
4.7	今後の課題	・・・	87

第5章 総括

5.1	まとめ	・・・	91
5.2	今後の課題	・・・	93

参考文献

謝辞

資料編

梗概

学会発表

実験に関するアンケート用紙

実験に関するアンケート結果

個人データ

実験 1 静止した障害物に対する回避行動

障害物無し

実験 2 直前で動き出す障害物に対する回避行動

実験 3 すれ違い歩行時の回避行動

マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出システム

第 1 章 序章

1.1 研究の背景

近年の半導体製造技術や情報通信技術の著しい発展によって、携帯電話の高機能化と低価格化により、2001年9月の時点での携帯電話加入台数は約7000万台を突破し、ライフスタイルに劇的な変化をもたらした。今日、10人に6人が持っている携帯電話は私達の生活においてなくてはならないものになっている。

このような携帯電話・携帯端末の普及により、街路空間での携帯電話使用が日常的になってきている。また、市街地の歩道・鉄道駅構内・大規模商業施設などにおける歩行パターンの多様化や歩行群集の高密度化が見られる。なかでも、公共的な空間での携帯電話使用が目立つと共に、不適切な使用が社会問題ともなっている。すなわち、携帯電話の利用によって前方への注意がおろそかになり、歩行の妨げとなったり、衝突といったことが起きている。

多くの人々が利用する公共空間では、個人同士の複雑な相互作用により、群集としての全体的な振る舞い（混雑、先行者への追従行動、同伴行動、パニック等）が発生するため、空間的な利用状況の予測は難しい。これまでの流れとして、歩行者は全て一様に扱われており、歩行者ごとに異なる歩行特性は表現されていない場合が多く、歩行特性を記述するパラメータを歩行者ごとに設定したモデルにおいても、パラメータは経験則から設定されており、実データから推定されていない。

このような問題に対して、近年ボトムアップ的な人間行動シミュレータが研究されている。この方法は、人間を個人レベルでモデル化し、行動ルールを与え、それらを複数行動させることで、群集的な振る舞いを創発させるものである。そして、種々の与条件のもとで計算機シミュレーションを行い、あるプランが要求性能をどれだけ満たすかなどを、細かく把握することが目的である。

設計段階の建築物における平面計画の変更や建築物内での避難・誘導方法などに対する指針を得るためには、人間個人の行動を基本とした複数の人間相互の行動を評価できることが重要であり、歩行パターンの解明が望まれている。

そこで、まず携帯電話使用の歩行行動への影響についての基礎的知見を得るために「携帯電話使用が歩行回避行動に及ぼす影響」について着目し、研究を実施した。

1.2 研究の目的

街路空間での携帯電話使用が日常的になってきた結果、歩行中での携帯電話使用は周囲への注意力低下を招き、他の歩行者との衝突や通行を妨害する原因となるなど、歩行行動に少なからず影響を与えていると考えられる。また、歩行者同士の衝突によるケガの一因としても挙げられている。

こうした問題点に対し、本研究では携帯電話使用が歩行行動に及ぼす影響の表れたものとして回避行動における歩行行動特性の把握を目的としている。

群集流動シミュレーションの基礎的資料とし、従来の自由歩行モデルに携帯電話使用者モデルを追加することにより、将来的には、衝突や停滞の事前予測による快適な歩行者空間の設計に役立つ情報の構築を意図している。

ところで、回避行動の特性を知ることは、歩行者の行動と周辺環境との相互関係を把握する上で重要であるにもかかわらず、単独歩行の回避行動を扱えるような歩行モデルで扱われるパラメーターは実測に基づいた値が少ない。そこで、歩行動作を客観的・自動的に計測できる解析手法の構築につなげたいと考えている。

現在、携帯電話の急速な普及によって街路空間において携帯電話を使用している人の割合も急激に増えている。また、ショートメールやインターネットへの接続などの機能によって、携帯電話は話すだけでなく、見る、操作するという行為も引き起こすようになってきた。そこで、都市における携帯電話使用者の行動を観察・追跡調査することにより、携帯電話の使用によって生じる行動パターンや滞留の変化を明らかにし、携帯電話使用者とそうでない歩行者双方に快適な歩行空間を設計するための指針を得ることがねらいである。

1.3 研究のアプローチ

本研究では、研究対象とする「回避行動」の対象物については、大きく分けて以下の2つとして、研究を実施した。

静止した障害物（静止している障害物に対する反応）

動きがある障害物（直前での動的な障害物に対する反応）

（対向者に対する反応）

静止した障害物に対する回避行動 第2章

歩行中の携帯電話使用は、周囲への注意力低下を招き、回避行動の遅れを生じさせる。

動きがある障害物に対する回避行動

衝突事故では、知覚的で予期し得る要因が主な決定要因となる。すなわち、知覚フィールドの中でもものの変化が知覚され予期される時、それへの接触は避けることができ、反対にそれが知覚されない時、衝突の可能性が増大する。

- 1 直前での動きがある障害物に対する回避行動 第3章

障害物が人である場合、位置を変えることがある。

- 2 動いている障害物に対する回避行動 第4章

障害物が歩いている人である場合、移動予測が加わる。

表1.1 回避行動パターン

歩行者の動き	位置関係	行動の種類	形態
双方行動	同一方向	2人並列	
		追い抜き	
		追い越し	
	対向	すれ違い1	
		すれ違い2	
		すれ違い3	
他方停止	正面对向	すれ違い3	
	背面	すれ違い4	
	前方側面	すれ違い5	
	後方側面	すれ違い6	

建部らの定義に従って示すと表1.1の様に表される。

- 1の直前での動きがある障害物に対する回避行動は、建部らの定義で分類できないケースである。

第4章

第2章

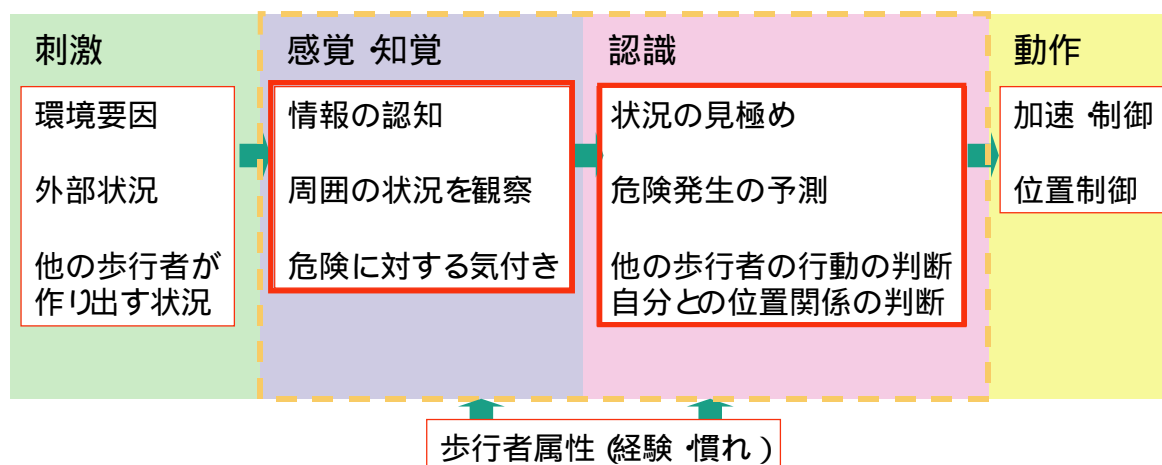


図 1.1 回避行動モデル

図 1.1 に示すように、人は刺激、感覚・知覚、認識、動作といった流れの中で回避行動を行っていると考えられる。

実験 1 では、情報の認知、周囲の状況を観察、危険に対する気付きなどの違いを主に検討する。

実験 2 では、情報の認知、周囲の状況を観察、危険に対する気付きとともに、状況の見極め、危険発生の予測、他の歩行者の行動の判断、自分との位置関係の判断を加えて検討する。

実験 3 では、動的な障害物に対して上記の反応、判断が、静的な障害物と比較してどのように変化するのかを検討する

1.4 社会的動向

1990年代から現在に至る消費生活の中で、生活を変える要素として、最も顕著に変化したのは、携帯電話とインターネットに代表されるコミュニケーションの世界であると言われている[1]。特に日本では、携帯電話の登場と進化そして普及によって、生活が大幅に変化している。

1.4.1 携帯電話利用者の推移

日本経済新聞社の調査[2]によると、30年代以上では携帯電話の利用が少ない消極派が過半数を占めており、積極派は1割程度であるが、10から20代では積極派が33%と多く、消極派は23.5%と少ない。一方、メール派と通話派を比較すると、30代以上はメール利用回数は、1日2回以下だが、通話は3回以上と通話派が2、3割であり、メール派は1割にも満たない。10代から20代では、通話の利用は1日2回以下だが、メールを1日3回以上しているメール派が積極派とほぼ同数の35%もいる。この中で、携帯電話で通話している場所として路上5.3%、駅のホームやバス停3.7%、ショッピングセンターなどの商業施設内2.1%、合計11.1%。一方、メールを送っているのは、路上2.6%、駅のホームやバス停3.5%、ショッピングセンターなどの商業施設内0.9%、合計7.0%となっている。最近の状況では、さらに使用が増加していると推定される。

また、自動車運転中の携帯電話使用の禁止が2004年11月1日から施行された。これは、自動車運転中に携帯電話の通話に気をとられ、前方不注意からの事故防止のための法的処置である。

歩行中の携帯電話使用においても注意力低下から様々な事故が起きつつある。

[1] 日本はメールの超先進国, フジサンケイビジネスアイ, 博報堂生活総合研究所(所長 林光), 2004,

[2] 携帯電話ユーザーの意識と行動, 日本経済新聞, 日経産業消費研究所調査報告, 2001,

1.5 既往研究

1.5.1 回避行動を対象とした研究

障害物を回避するとき、あるいは、対向者とのすれ違う時も、通路全体の状況、歩行動作自体の慣性、対物・対人意識、パーソナルスペースなどの絡みで複雑な経路形成を示すと言われている。

回避行動において物体または他人の存在が自己の経路に影響するのはそれらが進行方向前方に意識されるからであるが、その範囲について、建部ら[1][2][3]は、街路における障害物に対する男性単独歩行者の回避行動を観測し、歩行者の固体領域、歩行者の移動、障害物の移動予測という3つの要因から歩行者の回避行動をモデル化し、さらに、観測データをもとに回避行動開始点における回避距離を推定している。また、回避行動を開始する時点における歩行者と障害物との距離（前方回避距離）は、ヒトの場合、身体の向きが影響しており、前向き、横向き後方回避、後ろ向きの順に大きくなることが述べられている。さらに、回避行動を開始する地点を数理的に判定する基準は、移動平均した軌跡データについて曲率を用いた方法が有効であることを明らかにしている。

回避行動に関連する研究は屋外の歩行空間において、路上の人物などの障害物を避ける回避行動の特性について論述されているものが多いが、安部ら[4][5]は、夜間の街路上に他者が立ったときの、歩行者の回避行動特性を調査、検討している。昼間より夜間の方が回避開始距離が大きく、夜間では低照度下に他者が立つほど、回避し始めるのが早く、すれ違う時の路上他者との距離が大き傾向があると述べている。

朝田ら[6][7]は、歩道における歩行者と自転車の回避行動について調査・分析を行い、自転車が歩行者を回避する際には、歩行者の動きに注意を払いながら、すれ違う瞬間の約2秒前に回避行動を開始すると述べている。また、回避行動は他の歩行者からの影響力によって記述できるとし、その影響力を歩行者の加速度情報から抽出し、統計的に歩行者の回避行動を記述するモデルを構築している。さらに、推定したモデルを用いて歩行者の回避行動のシミュレーションを試みている。

1.5.2 携帯電話に関する研究

吉沢ら[8][9]は、都市における携帯電話使用者の行動を観察・追跡調査することで、携帯電話の使用によって生じる行動パターンや滞留の変化を把握し、既存の歩行空間は都市における携帯電話使用者の増加によって狭くなりつつあることを示している。

唐木ら[10]は、歩行中の携帯電話使用に関して、定常的な視覚情報に関しては通話時も認知されるが、それに対して一過性の視聴覚事象に関しては特に認知が低下すると述べている。

1.5.2 群集流動シミュレーションに関する研究

中村ら[11]は、人間の歩行をビデオ画像として記録し、その画像を「画像処理」すること

によって、歩行軌跡・速度・加速度を解析し、群集対向流動がすれ違う際におこる歩行者の層化現象に着目し定量化を試みている。また、集合状態を表現する手法として、スクランプル交差点の横断歩道における群集の対向流動を異方向者混入度という指標を用いて評価している。

岡崎・松下ら[12]は、避難シミュレーションにおいて、集団の人数、歩行開始点の座標、最高歩行速度（自由歩行時の速度）、歩行開始時刻、歩行開始時の歩行者密度をパラメータに設定し、建築空間における歩行を中心とした人間行動の詳細なモデル化を試みている。

大佛ら[13]は、歩行者は他者が自分に近づくことである種の心理的ストレスを感じているとし、歩行者の回避行動は心理的ストレスを低減させる方向へ行っていると述べている。

高柳・佐野ら[14]は群集交差流動における歩行領域確保に関して二つの群集流動が交差する地点での歩行者の確保領域を可視化することにより確認している。

【参考文献】

- [1] 建部謙治, 中島一: 静止した障害物に対する単独歩行者の回避行動, 歩行者の回避行動に関する研究(), 日本建築学会計画系論文集, 第 418 号, pp51-57, (1990)
- [2] 建部謙治, 辻本誠, 志田弘二: 回避行動開始点の判定と前方回避距離, 歩行者の回避行動に関する研究(), 日本建築学会計画系論文集, 第 465 号, pp95-104, (1994)
- [3] 辻本誠, 志田弘二, 建部謙治: 歩行解析への画像処理技術の応用に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第 436 号, pp41-47, (1990)
- [4] 安部貴浩, 吉崎圭介, 小林茂雄: 夜間路上他者に対する歩行者の回避行動に関する研究, その1 昼夜による回避行動の比較, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp769-770, (2001)
- [5] 吉崎圭介, 安部貴浩, 小林茂雄: 夜間路上他者に対する歩行者の回避行動に関する研究, その2 他者に対する歩行者の心理と街路の照度分布の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp771-772, (2001)
- [6] 朝田伸剛, 大佛俊泰: 歩行空間における歩行者と自転車の回避行動, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp1059-1060, (2000)
- [7] 朝田伸剛, 大佛俊泰: 歩行者の回避行動シミュレーションモデル, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp773-774, (2001)
- [8] 吉沢進, 高柳英明, 木村謙, 渡辺仁史: 都市における携帯電話使用者の行動特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.775-776, (2001)
- [9] 葛島知佳, 高柳英明, 木村謙, 山口有次, 渡辺仁史: 携帯電話が変化させる空間に関する研究, 待ち合わせ行動について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp1049-1050, (2000)
- [10] 唐木千尋: 携帯電話通話行為が環境認知に及ぼす影響について, 視聴覚情報・自己発生の認知に関する検討, 東京大学新領域創成科学研究科 修士論文, (2001)
- [11] 中村和夫, 吉岡松太郎: 群集対向流動の解析, 日本建築学会論文報告集, 第 289 号, pp119-129, (1980)
- [12] 岡崎甚幸, : 建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究, その1 磁気モデルの応用による歩行モデル, 日本建築学会論文報告集 第 283 号 ,pp111-117, (1979)
- [13] 大佛俊泰, 佐藤航, : 心理的ストレス概念に基づく歩行行動のモデル化, 日本建築学会計画系論文集, 第 573 号, pp41-48, (1990)
- [14] 佐野友紀, 渡辺仁史: 空間 - 時間系モデルを用いた群集歩行軌跡の可視化, 日本建築学会計画系論文集, 第 479 号, pp125-129, (1996)

第2章 静止している障害物に対する 回避行動に及ぼす影響

2.1 実験の目的

人が歩行中に前方の障害物を認識し、回避行動を起こす際、携帯電話使用による歩行行動への影響を調べる。

本実験では、歩行中の携帯電話使用、すなわち通話やメール作成行為によって静止している障害物に対する回避行動がどのように変化するかについて明らかにすることを目的とする。

2.2 実験概要

携帯電話使用時に、前方の静止した障害物に対する回避行動が携帯電話を利用していない場合と比較してどの程度遅れるかを被験者実験により明らかにする。

具体的には、レーザレンジスキャナによって被験者の歩行軌跡データを採取し、携帯電話使用時・非使用時の比較を行う。

実験結果から以下の項目について検討する

- ・歩行条件の違い（「非通話」「通話」「メール」）
- ・歩行軌跡の違い（1mごとに通過位置の違いを見る）、側方回避距離
- ・速度（x方向、y方向）、x方向全区間歩行速度、速度最大地点および障害物までの距離
- ・加速度（x方向、y方向）、加速度最大地点、加速度最大地点および障害物までの距離

2.3 実験の流れ

実際の建築内部廊下に計測区間を含む歩行コースを設定し、被験者に歩行させる。コースは「非通話」、「通話」、「メール」の3条件で順序を変えて歩行させる。

実験の流れは、以下の通りとする。

(「非通話」 - 「通話」 - 「メール」の順で歩行する場合)

1. 被験者がスタート地点に集合。
2. 被験者は携帯電話を持ち、1Fから歩行開始。
3. 被験者がチェックポイントに到達、心理テストに回答する。そのまま歩行を継続。1回目の回避行動を計測。
4. 被験者が2つ目のチェックポイントに到達、心理テストに回答する。通話した状態でそのまま歩行を継続。2回目の回避行動を計測。
5. 被験者が3つ目のチェックポイントに到達、心理テストに回答する。メールを作成している状態でそのまま歩行を継続。3回目の回避行動を計測。
6. 障害物が無い状態で非通話時の歩行速度を計測。
7. 障害物が無い状態で通話時の歩行速度を計測。
8. 被験者がコース最終地点に到達、実験者は携帯電話を回収。
9. 被験者に対してアンケートを実施、データを採取する。

2.4 実験の詳細

2.4.1 被験者

被験者は、20代の男女計11名である。

被験者選出条件は、以下の2点とした。

- ・携帯電話の利用経験があること
- ・携帯電話でのメール作成に不自由がないこと

2.4.2 実験コース

被験者にコースを教示し、そのコースに沿って歩行してもらう。

歩行中、障害物を避ける行動を障害物の前方約14mから後方9mまでの間、約23mをレーザーレンジスキャナで計測するとともに、ビデオカメラでも記録する。

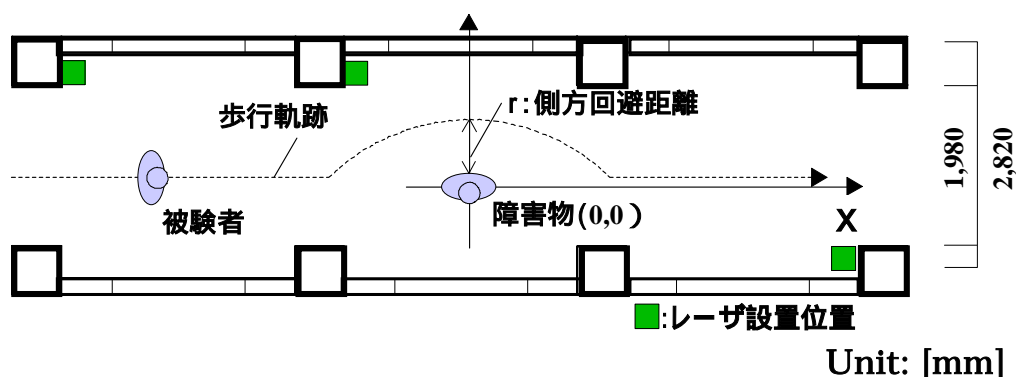


図 2.1 計測区間平面図

コース設定

- ・ コースは1周約540m(所要時間は約8分)
- ・ 携帯電話で通話する区間とメールを作成する区間を設けている。

1F 2F 3F 2F 1Fの順で、回避行動は1Fと2Fで2回ずつの計4回計測する。

最初の3回で携帯電話非使用時・通話中・メール作成中の3種類をいずれも立ち止まっている人間(実験者)を回避するという状況で計測し、最後の1回については障害物が無い状況で計測する。

実験者は被験者が計測区間を含む直線廊下に入った時、既に所定の位置にいるものとする。

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

コース内 1F と 2F に 1 箇所ずつ、計測区間を含む直線廊下の入口にチェックポイントを設ける。チェックポイントでは質問を書いた紙を柱に貼っておき、被験者にはその地点を通過する際に質問に答えてもらう。被験者は各チェックポイントを 2 回ずつ、計 4 回通過する。

これは被験者の気を反らすとともに、計測区間に入る際に 1 度全員に同じ行動をしてもらうことで実験の条件をなるべく統一するためである。

表 2.1 被験者の行動パターン

	1F			2F			3F			2F			1F			
	スタート	A1	B1	B階段	B2	A2	A階段	A3	B3	B階段	B2	A2	A階段	A1	B1	A階段
A	非通話															ゴール
B	非通話															ゴール
C	通話															ゴール
D	通話															ゴール
E	メール															ゴール
F	メール															ゴール

青：携帯電話非使用時 黄色：通話中 赤：メール作成中 :すれちがうポイント

被験者が携帯電話を使用する区間については学習効果の影響を考慮して次の A~F の 6 パターンに分ける。(表 2.1)

A：1F から 2F へ上り、チェックポイントを通過したら携帯電話で通話を始めてもらう。階段で通話をやめてもらう。3F でメールを作成。2F でもメールを作成し続けてもらう。1F で電話に出たら再び歩き始めてもらい、ゴールまで話しつづける。

1F	2F	3F	2F	1F
非通話	通話	メール	メール	通話

B：1F から 2F へ上り、チェックポイントを通過したら携帯電話でメールを作成し始めてもらう。3F へ上る途中で一度こちらから電話がかかるのを待ってもらう。電話に出たら再び歩き始めてもらい、ゴールまで話しつづける。

1F	2F	3F	2F	1F
非通話	メール	通話	通話	通話

C：通話しながらスタートしてもらう。2F へ上る前に電話を切り、2F でチェックポイントを通過したら歩き始めてもらう。3F ではメール作成、そのまま 2F を歩き、階段の前で、メールを送信してもらう。1F へ下りる前にこちらから電話をかけ、ゴールまで話しつづける。

1F	2F	3F	2F	1F
通話	非通話	メール	メール	通話

D：通話しながらスタートしてもらう。2F へ上る前に電話を切り、2F でチェックポイントを通過したらメールを作成し始めてもらう。3F では携帯電話は使用せず、そのまま

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

使用せずに2Fを歩き、1Fへ下りる前にこちらから電話をかけ、ゴールまで話しつづける。

1F	2F	3F	2F	1F
通話	メール	非通話	非通話	通話

E：メールを作成しながらスタートしてもらおう。2Fへ上る前にメール作成を終え、2Fは携帯電話を使用せずに歩いてもらう。3Fへ上る途中でこちらから電話がかかるのを待ってもらおう。電話に出たら再び歩き始めてもらい、ゴールまで話しつづける。

1F	2F	3F	2F	1F
メール	非通話	通話	通話	通話

F：メールを作成しながらスタートしてもらおう。2Fへ上る前にメール作成を終え、2Fは携帯電話を使用しながら歩いてもらう。3Fでは携帯電話は使用せず、そのまま使用せずに2Fを歩き、1Fへ下りる前にこちらから電話をかけ、ゴールまで話しつづける。

1F	2F	3F	2F	1F
メール	通話	非通話	非通話	通話

これら6つを回避行動順にまとめたものが表2.2である。

また被験者がゴールした後、実験について内容を明かすとともにいくつかの質問をする。

表2.2 被験者の歩行パターン

パターン		A	B	C	D	E	F	
回避行動順	1	非通話	非通話	通話	通話	メール	メール	障害物有
	2	通話	メール	非通話	メール	非通話	通話	
	3	メール	通話	メール	非通話	通話	非通話	
動順	4	通話	通話	通話	通話	通話	通話	障害物無
	5	非通話	非通話	非通話	非通話	非通話	非通話	

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

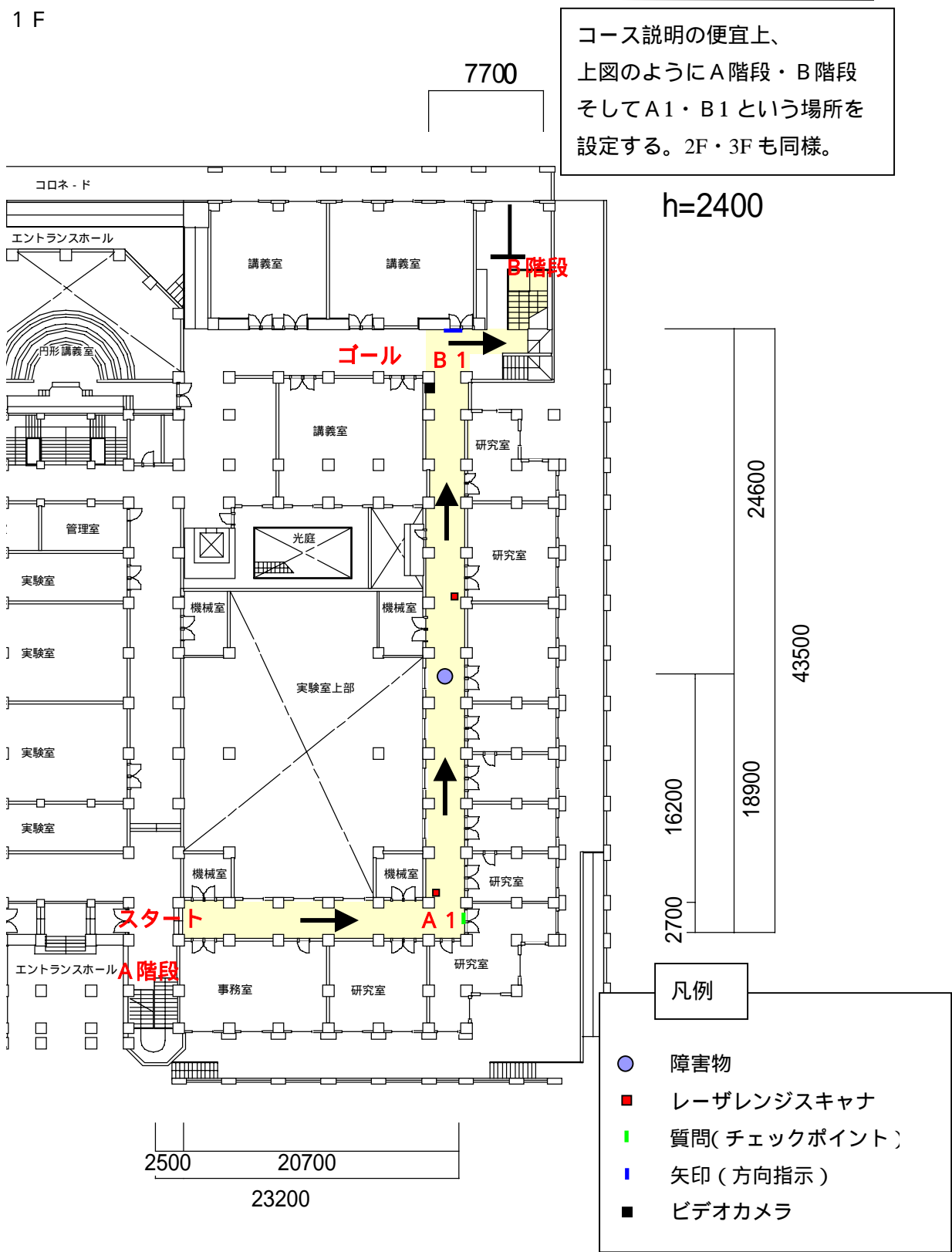


図2.2 実験場所(1F)

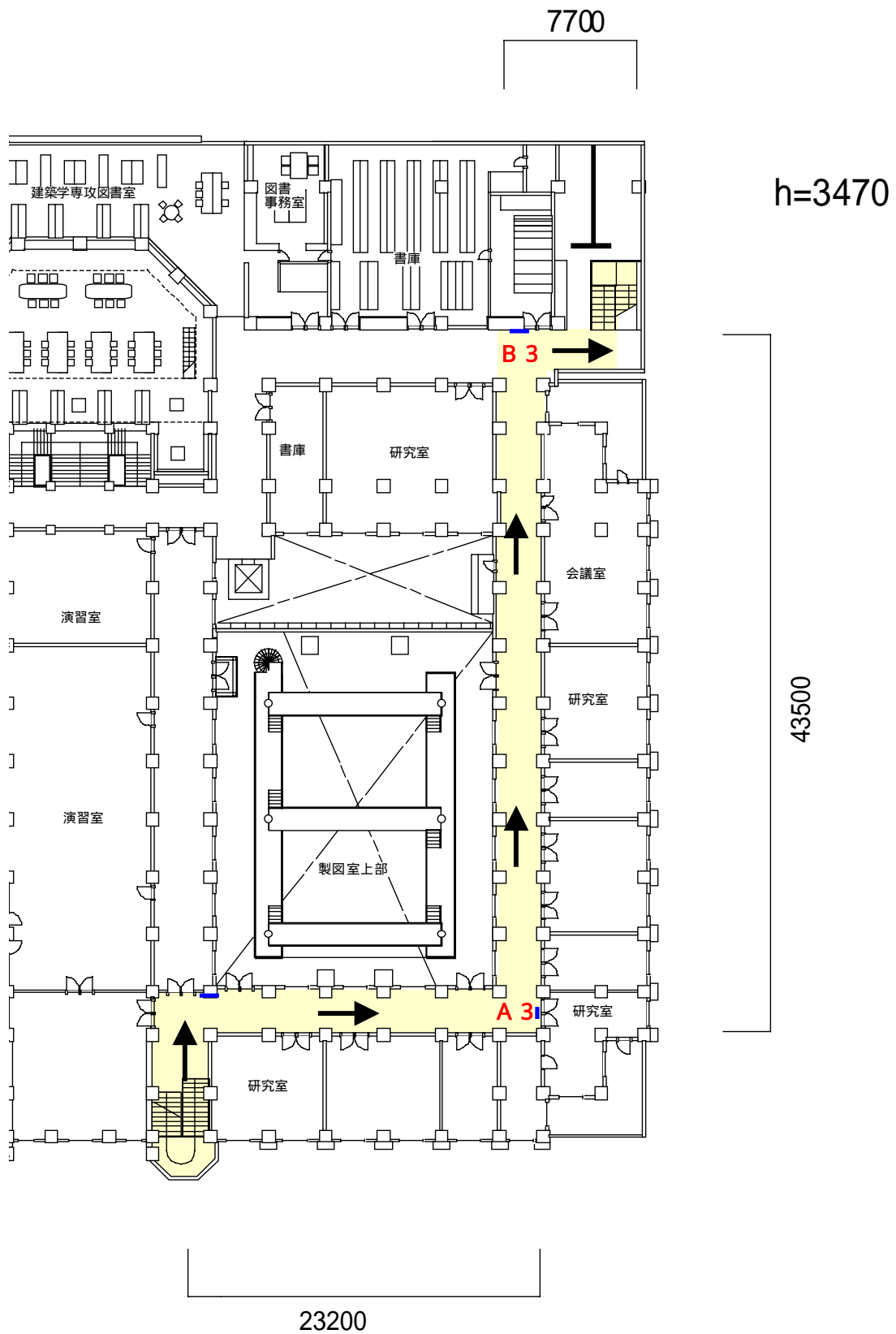


図 2.4 実験場所 (3F)

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

また、障害物の近傍を拡大した図面が下のものである。

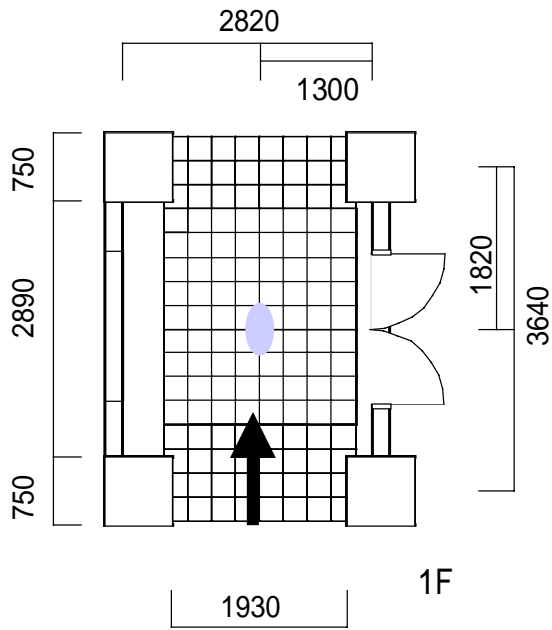


写真 2.1 実験風景

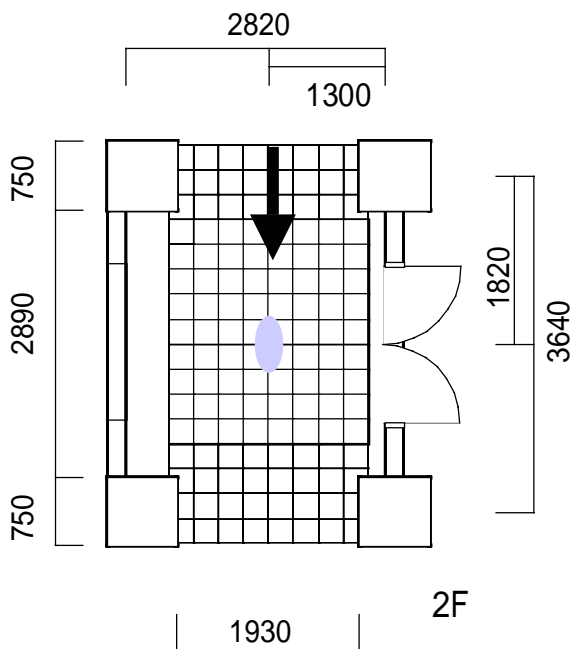


図 2.5 詳細図

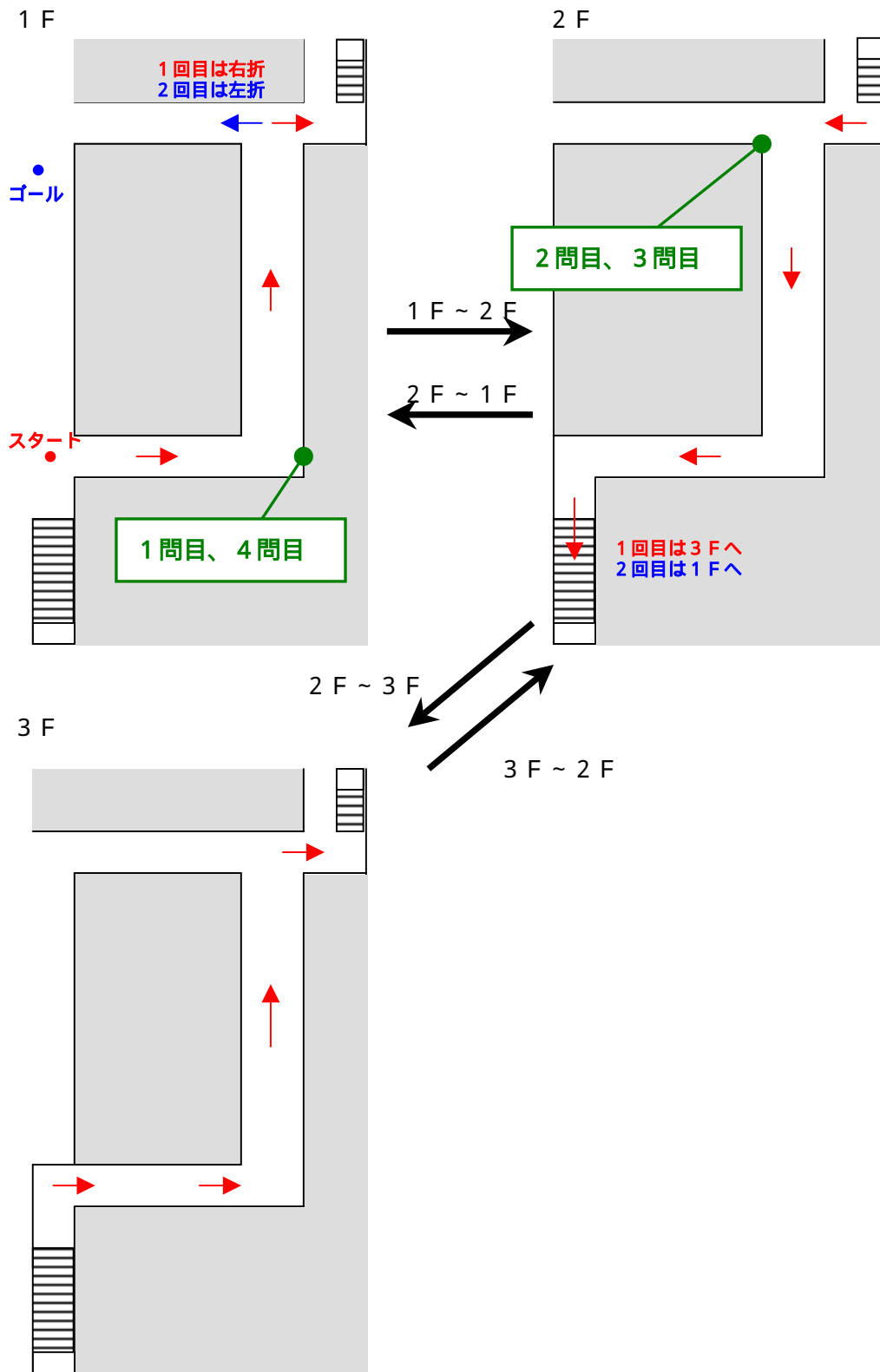


図 2.6 歩行経路

教示文

<全グループ共通>

「本日は実験に参加していただきありがとうございます。

これからいくつか心理テストをやってもらいます。その質問はこの建物の中にあるので、いまからこちらが指定するルートに沿って歩き、質問を見つけて回答してください。

質問はあまり深く考えずに答えてください。1周するのに約8分かかります。

途中、お手持ちの携帯電話でメールを作成してもらうことや電話で質問に答えてもらうこともありますが、その間も歩き続けてください。

コースはまず1Fからスタートし、2F・3Fを通りまた2Fへ下りてきて最後に1Fがゴールとなります。それでは質問の場所など詳しいコースの説明と、コースのどこで携帯電話を使用するかについて地図を使って説明します。」

「質問のある場所ですが、1つめは1Fです。スタート地点から歩いて最初の突き当たりのドアに貼ってあります。2つめは2Fに上って最初の曲がり角の柱に貼ってあります。3つめは2つめと同じ場所にあります。4つめは1つめと同じ場所にありますが1回目を通るときに2回目用の質問を見ないようにしてください。質問の答えはその都度、質問と同じ場所にあるメモ用紙に書いてください。」

1例としてグループAの教示文を示す。

<グループA>

「スタートして少し歩くと、1Fに1つめの質問があるのでそれに答えてください。

その後2Fへ行き、2つめの質問に答えたら電話がかかるのを待っていてください。電話に出たらまた歩き始めてください。その後は電話で話したまま2Fを歩いてください。階段の前で、通話をやめてください。

階段を上り、3Fからメールを作成し始めてください。内容は2つめの質問の答えと、末尾に自分の名前を入れてください。3Fを通過した後、2Fでもメールを作成してください。内容は3つめの質問の答えと、末尾に自分の名前を入れてください。作成したメールは1Fへ下りる途中、階段の踊り場でこちらが指定するアドレスへ送信してください。メールを送信したらその場で、こちらから電話がかかるのを待っていてください。

電話に出たらまた歩き始めてください。その後は電話で話したままゴールまで歩きます。最後、1Fへ下りてくるとこちらもまた同様に1つ目の質問と同じ場所にもう1つ他の質問があるので答えてください。答えたらあとはそのまま、電話をかけたままゴールまで向かってください。」

2.4.3 携帯電話と会話内容

携帯電話

実験に利用した携帯電話は、以下の通りである。

- ・被験者側：「A1402S」
- ・実験者側：「A1402S」

会話内容

実験中の被験者・実験者間の通話およびメールの内容は、全実験を通じて以下の無いように統一した。

- ・心理テストの回答
- ・フェイス項目

2.4.4 データの採取方法

データの種類

「軌跡」

- ・被験者ごとの軌跡（「非通話」「通話」「メール」3条件）
- ・側方回避距離

以下のデータは、軌跡から算出する。

「速度」

- ・進行方向の全区間歩行速度（歩行条件別）
- ・1m毎の進行方向歩行速度
- ・1m毎の側方向歩行速度
- ・側方向の速度最大地点
- ・速度最大地点と障害物との距離

「加速度」

- ・1m毎の進行方向の加速度
- ・1m毎の側方向加速度
- ・側方向の加速度最大地点
- ・加速度最大地点と障害物との距離

本実験で採取する被験者の軌跡データは、以下の機材を用いて計測した。

表 2.3 計測機材一覧

名称	数量	備考
レーザレンジスキャナ (S I C K L M S 2 0 0)	8	柴崎研究室備品
S I Oカード	8	柴崎研究室備品
接続セット	8	柴崎研究室備品
電源ユニット	8	柴崎研究室備品
ノートパソコン	6	柴崎研究室備品
ビデオカメラ	2	1台は平手研究室備品
ミニDVテープ (1 2 0 min)	1 2	



接続方法

電源を確保。

- ）接続セットの電源ケーブルから出ている赤と茶のケーブルを電源ユニットに接続。
- ）赤はプラス、茶はマイナスにつなぐ。
- ）1つの電源ユニットで2台のLMSに電力を供給できる。

レーザに電源ケーブル、接続ケーブルをつなぐ。

SIOカードを接続。

- ）接続ケーブルにSIOカードを接続。
- ）SIOカードをPCにさす。

ソフトはPC上で次頁のフローに従って実施させる。

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

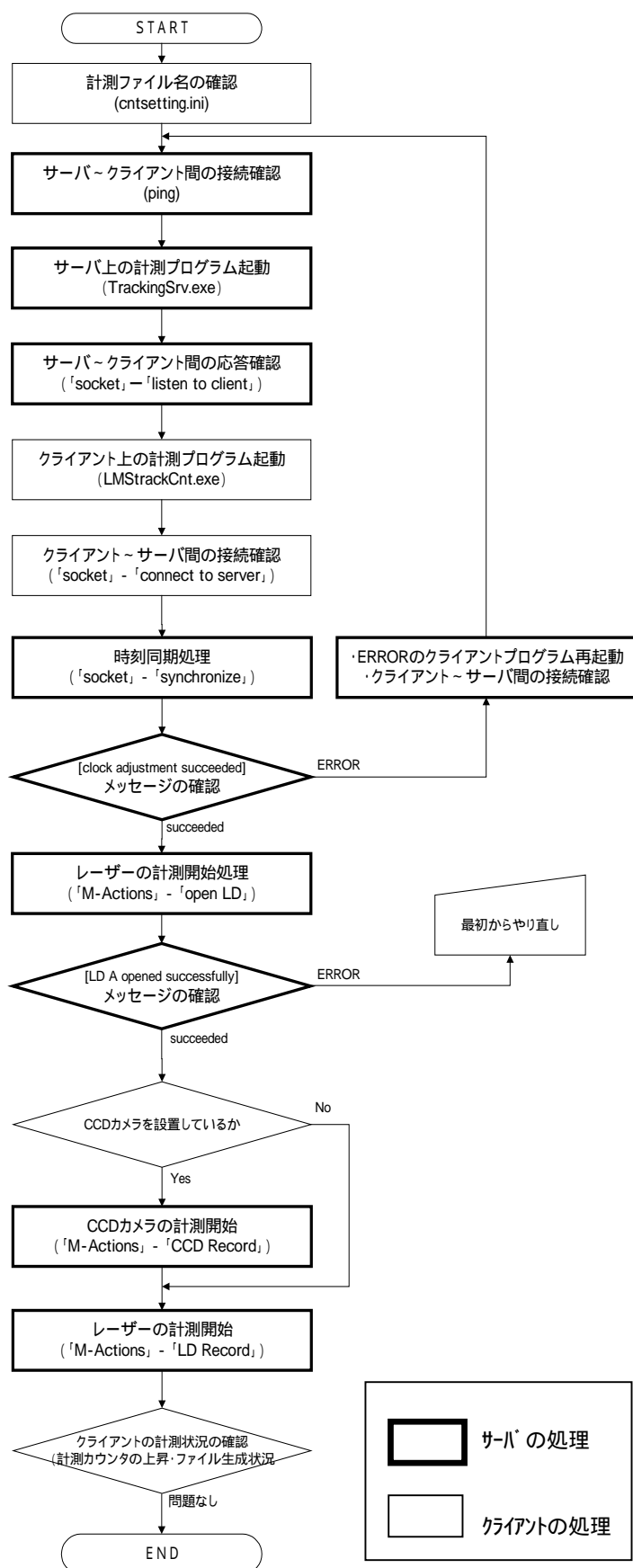


図 2.7 測定ソフトのフロー

補足情報

cntsetting.ini ファイルの中身

FILENAME	matsunaga
DIRNAME	c:\work\exp\matsunaga\B
EXTNAME	lms4
LPNAME	lp4
COMPORT	COM4

赤枠で囲まれた部分を更新する

MS-DOS プロンプトから

- > ping lms02 [ENT] lms4 まで繰り返す
- reply from メッセージが表示 正常
- destination 等のメッセージ 接続不可
- 無線 LAN の接続状況 (ハードウェア) 確認
- 実行後、[Tcp port opened]メッセージ表示
- [ok]ボタンをクリックして、ウィンドウを閉じる
- [Enter a host name]ウィンドウが表示される
- サーバ名: t23 を入力 「ok」
- [connect() worked!] メッセージ表示
- failed メッセージが表示された場合は、クライアントプログラム(LMStrack.exe)を立ち上げ直す
- [ok]ボタンをクリックして、ウィンドウを閉じる
- 無線 LAN の通信を確実にするため、アンテナの位置や人の少ない時を狙って実行
- 設置台数分: 4 個表示されていることを確認
- [ok]ボタンをクリックして、ウィンドウを閉じる
- 全てのクライアントとの同期が取れない場合は、 の作業からやりなおし
- info ウィンドウ起動[waiting...]
- 各レーザー計測装置に赤ランプが点灯する
- 計測開始時には、無線 LAN の通信を確実にを行うため、アンテナの位置や人の少ない時を狙って実行する
- レーザー台数分: 4 個表示されていることを確認
- [ok]ボタンをクリックして、ウィンドウを閉じる
- recording ウィンドウのカウンタ確認
- ・サーバー上のカウンタは 0 値のまま
- ・クライアント上のカウンタは常に上昇
- ・計測ファイルの生成状況をチェック
- (ファイル名・容量)
- 終了後、ノート PC を閉じて終了

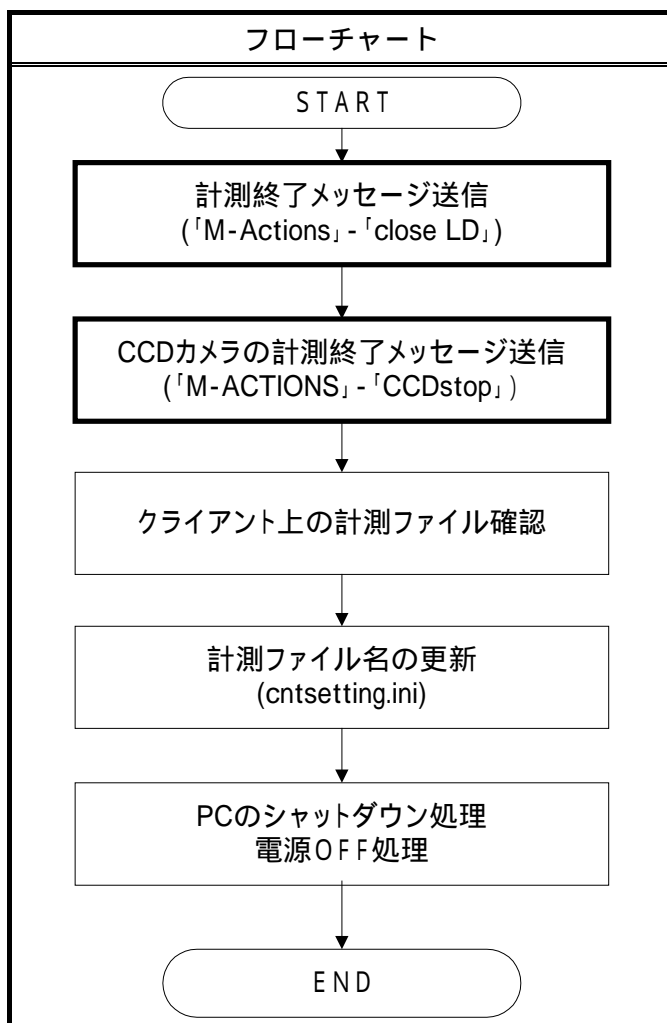
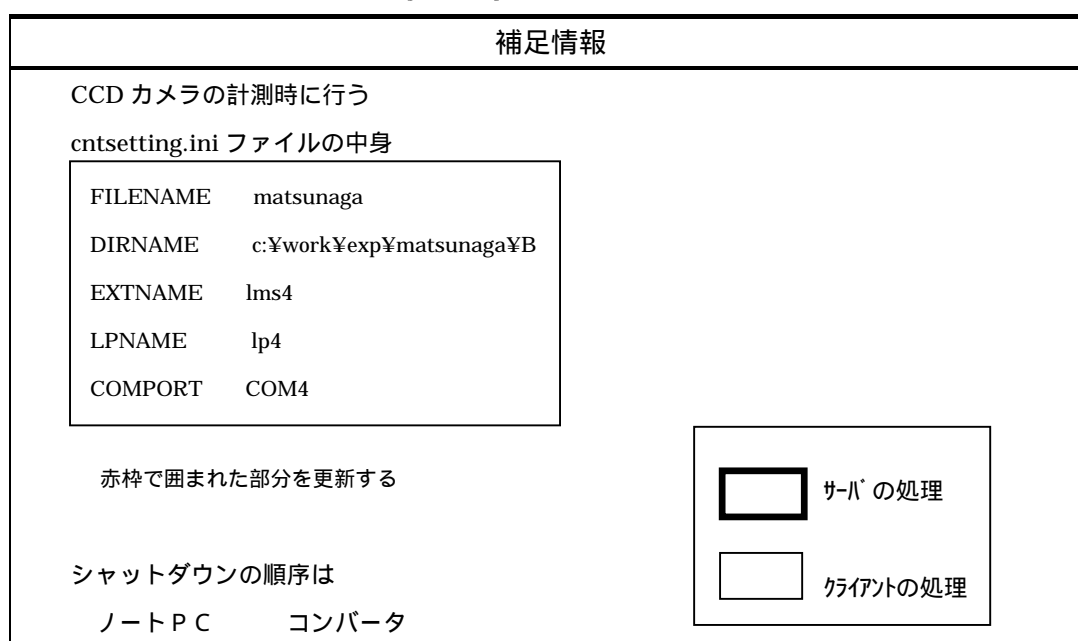


図 2.8 測定フロー（終了時）



2.4.5 分析方法

レーザ計測で求められた歩行時の重心位置の軌跡を歩行軌跡とし、ビデオ映像から被験者のものと確認できた軌跡を分析対象とする。一般に、歩行軌跡は細かい振動成分を含んでいることから、2足歩行特有の左右の揺れ（約1秒周期）を取り除くために1秒間の移動平均処理を行う。また、図2.1に示すように x, y 座標系の原点を障害物の設置位置にとり、廊下に平行な軸を x 軸（進行方向側を正）、直交する軸を y 軸（進行方向の左手側を正）とする。以下では歩行軌跡と y 軸との交点の値を側方回避距離と呼ぶこととする。

2.4.6 実験日程

実験は、表2.4に示すように、2月28日、29日の2日間で実施した。

表2.4 実験日程

場所	東京大学本郷キャンパス工学部1号館内
日程	予備実験 2月22日（日） 本実験 2月28日（土）、29日（日）
時間	10:30～12:00、13:00～15:00 16:00～18:00

レーザセンサ周期：2時間計測、3分休憩

ビデオカメラ：最大2時間撮影可能

2.5 実験結果

2.5.1 歩行軌跡

各被験者の歩行軌跡を歩行条件別に以下に示す（図 2.9，図 2.10，図 2.11）。

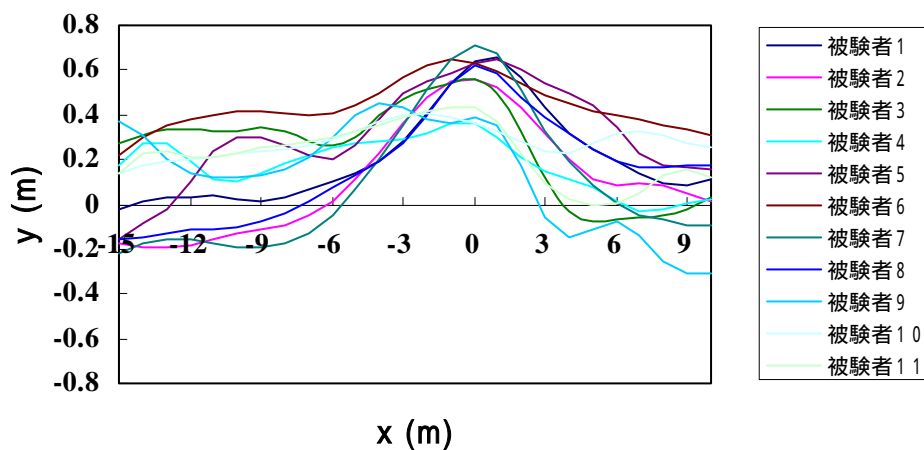


図 2.9 被験者別歩行軌跡 非通話

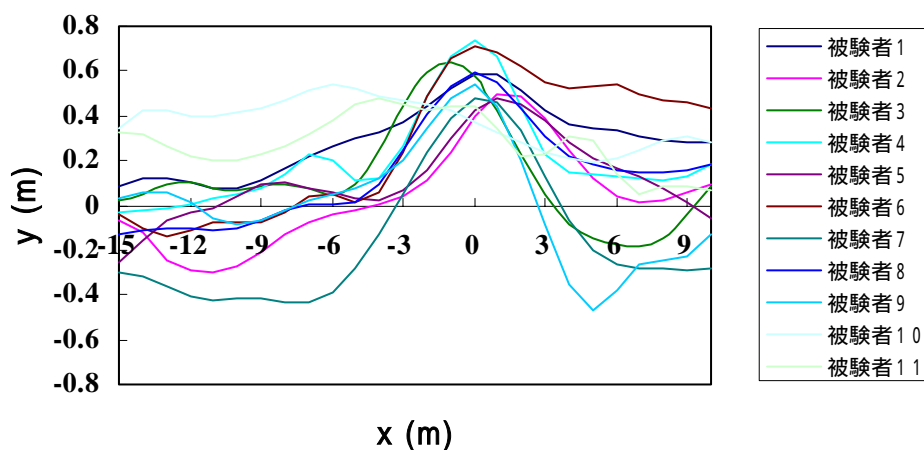


図 2.10 被験者別歩行軌跡 通話

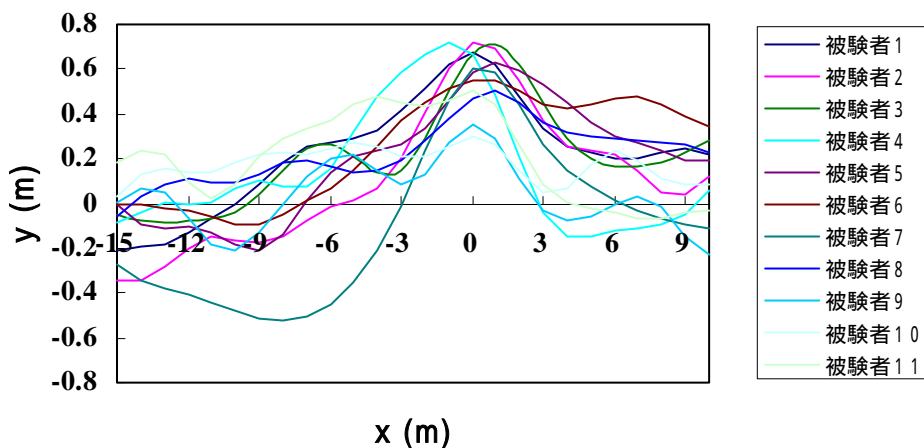


図 2.11 被験者別歩行軌跡 メール

歩行条件別の軌跡の被験者平均を以下に示す (図 2.12)。

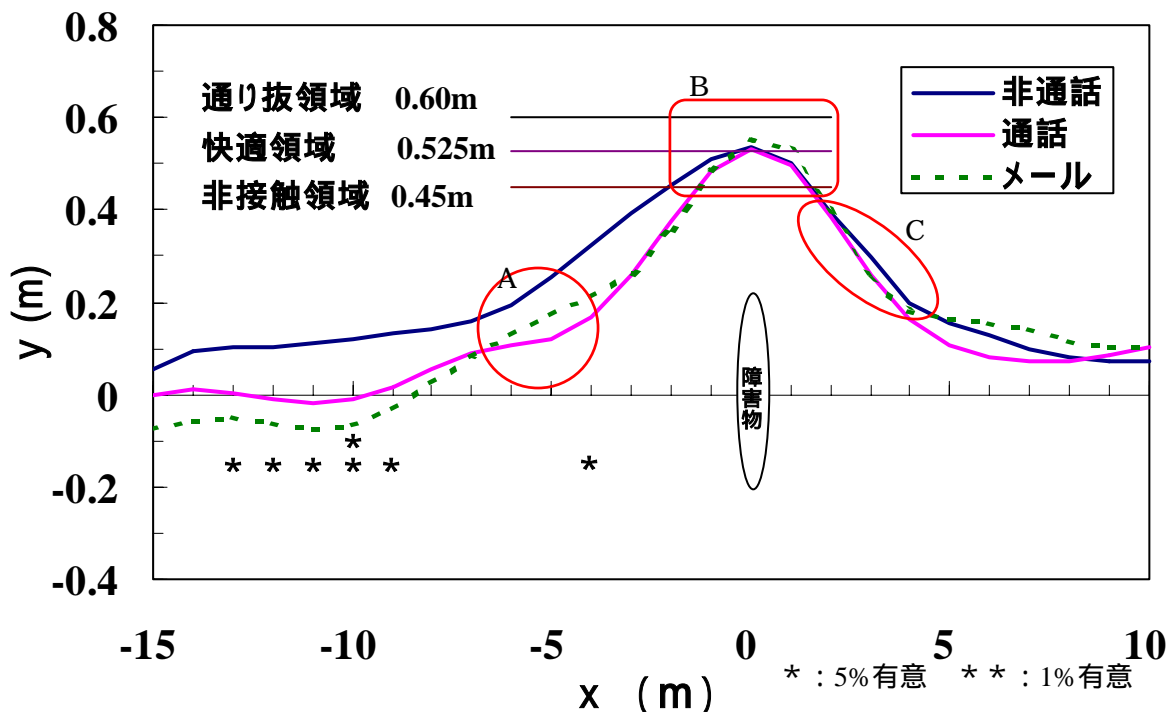


図 2.12 平均歩行軌跡 (障害物有り)

軌跡の違いは、回避行動の遅れに相当する。

歩行条件別の軌跡の被験者平均および 1m 毎に歩行条件と被験者を要因として行った分散分析結果を図 2.12 と表 2.5 に示す。

表 2.5 分散分析結果

分散分析		-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	歩行条件			*	*	**	**																				
	被験者	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*					**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Vx	歩行条件		*	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
	被験者		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Vy	歩行条件																						*				
	被験者												**	**	**	**			**	**	**	**					*

5%有意 * 1%有意 **

A : 「非通話」と比較すると、「通話」「メール」に前方の障害物に対する回避行動の遅れが見られる。個々の被験者の軌跡 (図 2.9, 2.10, 2.11) を見ると、「メール」に障害物直前で回避行動を開始した軌跡が比較的多い。

また、被験者と歩行条件を要因とした分散分析を行った結果、障害物前方 10m 付近で各歩行条件間に有意差が見られた。この回避行動の遅れは、携帯電話使用による音声の聴取・発声・画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

B : 一方、側方回避距離は 3 条件とも図 2.13 の快適領域を超えており、殆ど差が見られない。幅の狭い廊下においても人を回避する際、不快でない領域まで離れて通過することが確認された。

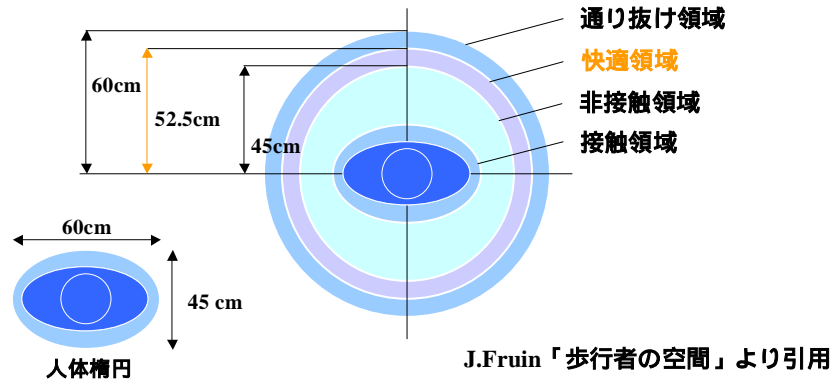


図 2.13 歩行者の空間

C: また、障害物通過直後の軌跡についても3条件の違いは少ない。これには、廊下幅の制約がある程度影響しているものと思われる。

2.5.2 歩行速度

2.5.2.1 進行方向速度 (V_x)

各条件下における進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図 2.14 に示す。

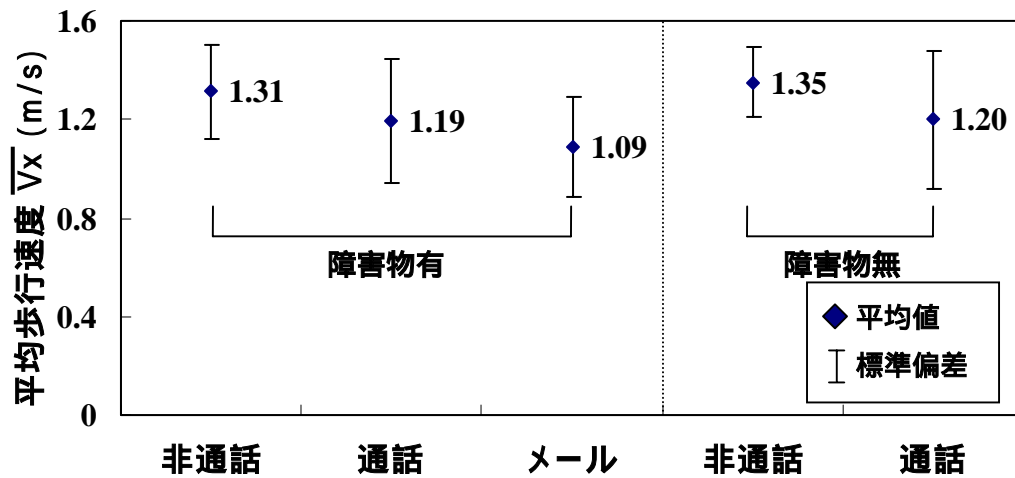


図 2.14 全区間平均歩行速度

歩行条件と被験者を要因とした分散分析の結果を表 2.6 に示す。障害物の有無によらず各歩行条件間に有意差が見られた。

表 2.6 分散分析結果 (全区間)

要因	F値 (V_x)	F値 (A_x)	F値 (V_y)	F値 (A_y)
歩行条件	18.5 **	1.0	1.0	2.1
被験者	12.2 **	1.1	1.8 **	1.9 *
歩行条件*被験者	4.4 **	1.2	1.3 **	2.0 **

平均歩行速度は障害物が無い場合、「通話」の方が遅く（89%）、障害物がある場合、「非通話」「通話」（91%）「メール」（83%）の順に遅くなっている。

次に、各被験者の進行方向歩行速度を歩行条件別に以下に示す（図 2.15，図 2.16，図 2.17）。

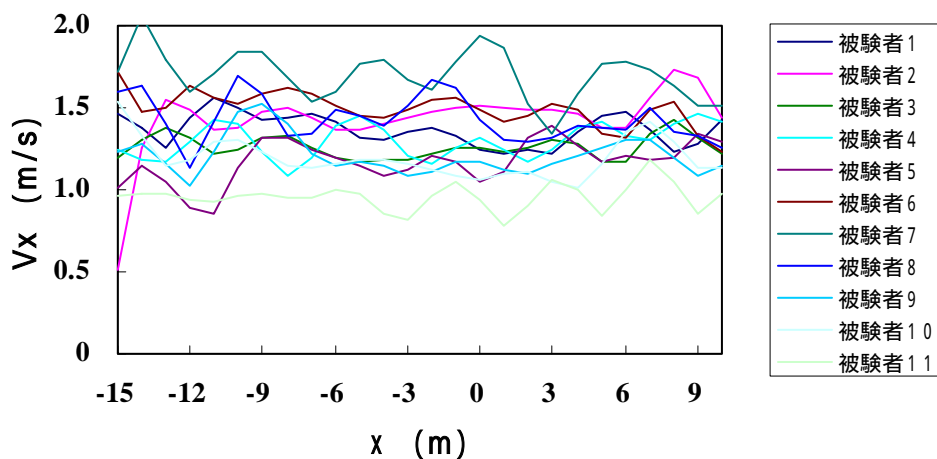


図 2.15 進行方向歩行速度 非通話（障害物有り）

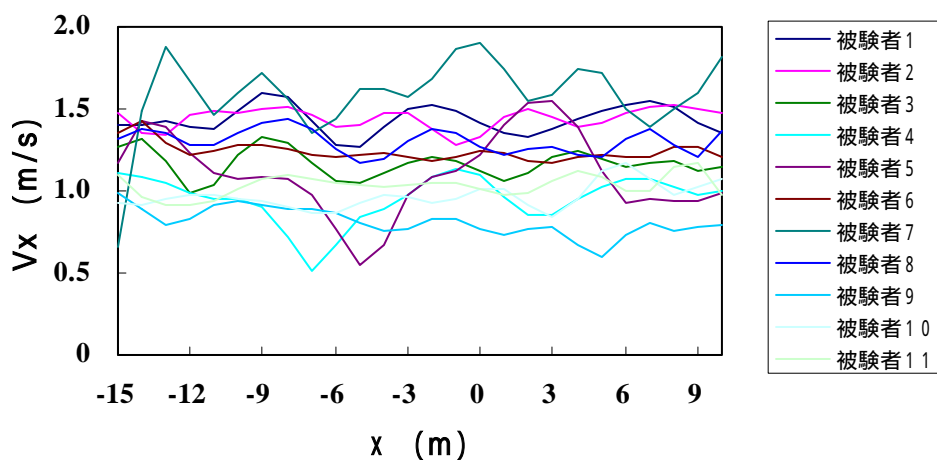


図 2.16 進行方向歩行速度 通話（障害物有り）

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

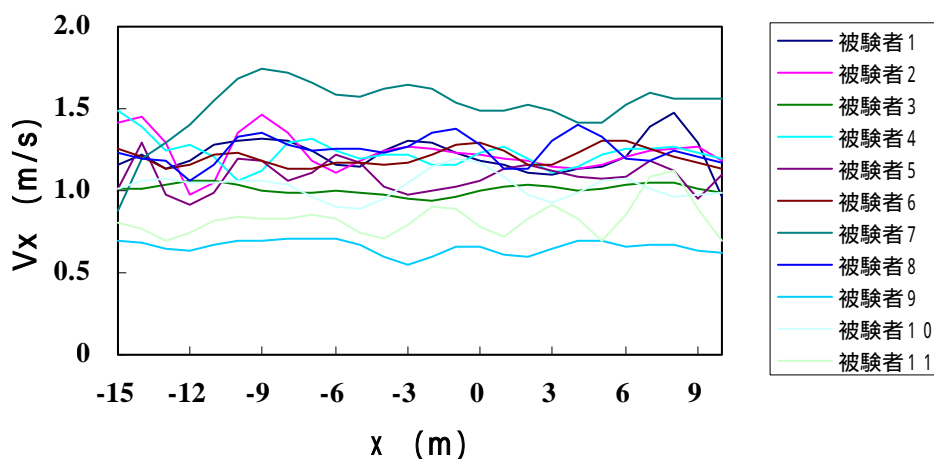


図 2.17 進行方向歩行速度 通話（障害物有り）

歩行条件別の軌跡の被験者平均を以下に示す（図 2.18）。

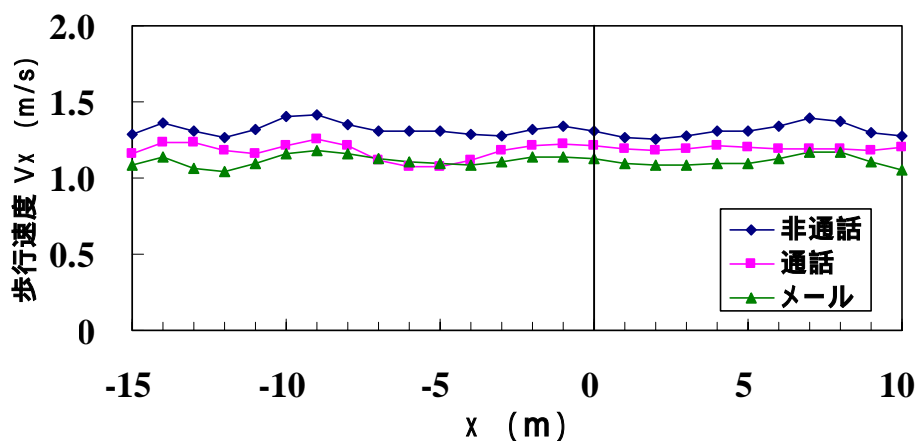


図 2.18 進行方向歩行速度（障害物有り）

図 2.18 は 1m 区間毎の歩行速度を示しているが、障害物の前後に関わらず全区間でほぼ一定であり、図 2.14 の結果と対応している。

2.5.2.2 側方向速度 (V_y)

各被験者の側方向歩行速度を歩行条件別に以下に示す (図 2.19, 図 2.20, 図 2.21)。

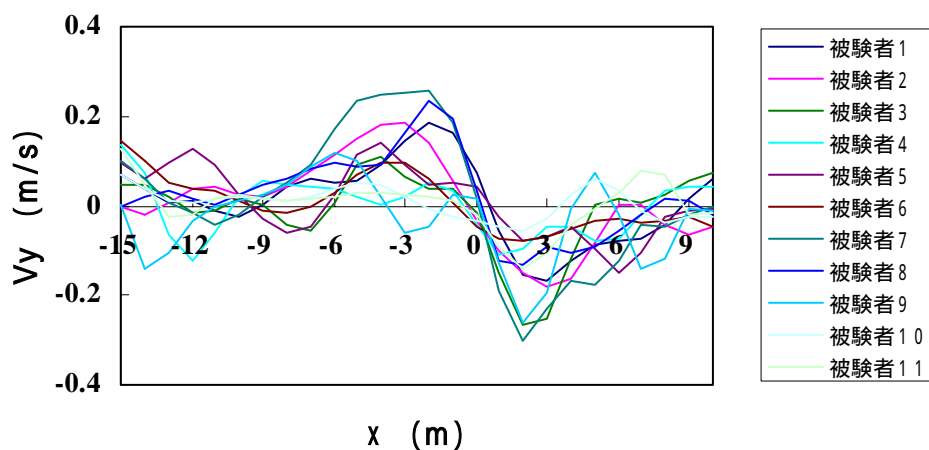


図 2.19 側方向歩行速度 非通話 (障害物有り)

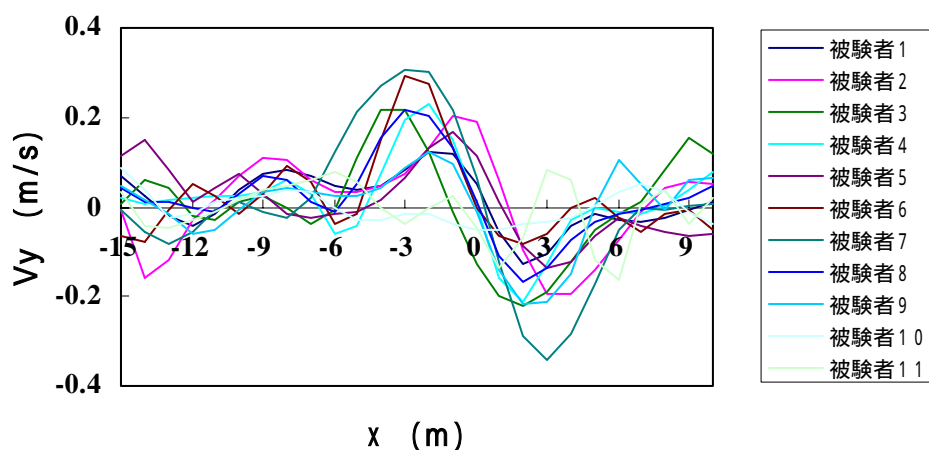


図 2.20 側方向歩行速度 通話 (障害物有り)

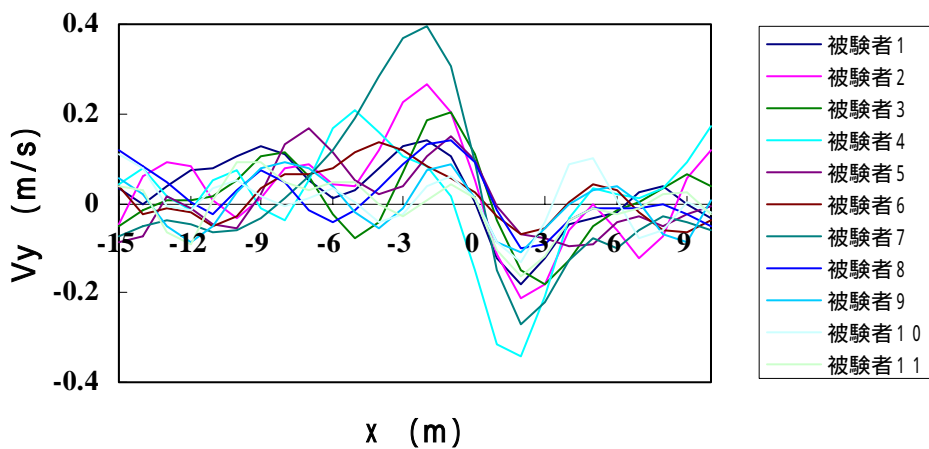


図 2.21 側方向歩行速度 メール (障害物有り)

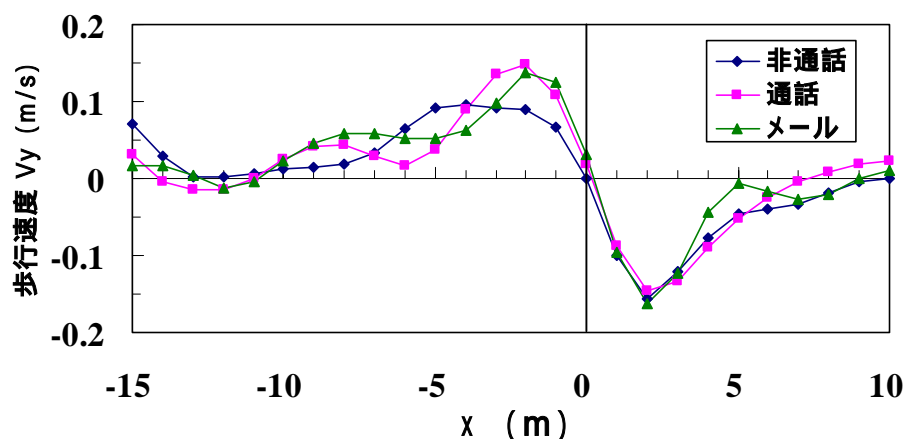


図 2.22 側方向歩行速度（障害物有り）

1m 区間毎の y 方向の歩行速度を図 2.22 に示す。「非通話」は徐々に速度を上げて回避行動をしているのに対して、「通話」「メール」は障害物前方 4m 以内で急な速度上昇が見られる。これは障害物直前で大きく方向転換したことに相当する。

2.5.2.3 側方向速度・加速度最大地点

障害物に近接する側方向への加速区間において図 2.23 に示すように速度および加速度が最大となる地点を求めた。

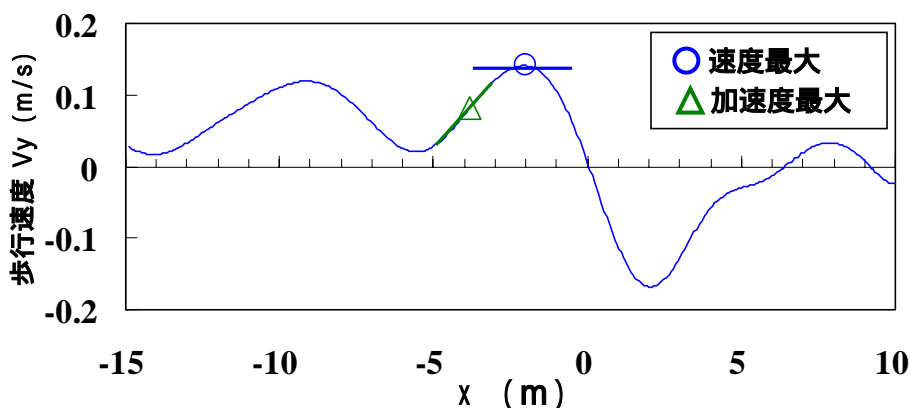


図 2.23 側方向速度・加速度が最大となる地点（メール）

さらに、図 2.24 に速度最大地点および加速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を示す。

速度最大地点と障害物との距離は、「非通話」「通話」(80%)「メール」(67%)の順になっている。

加速度最大地点は、「非通話」と比べて「通話」(73%)「メール」(72%)の場合に距離が小さくなる。

第2章 静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響

これらの結果は、図 2.12 の平均歩行軌跡において確認されたことと対応している。前方を十分に確認しながら歩行できる「非通話」に対し「通話」「メール」は障害物付近になって歩行速度調整をしているものと考えられる。

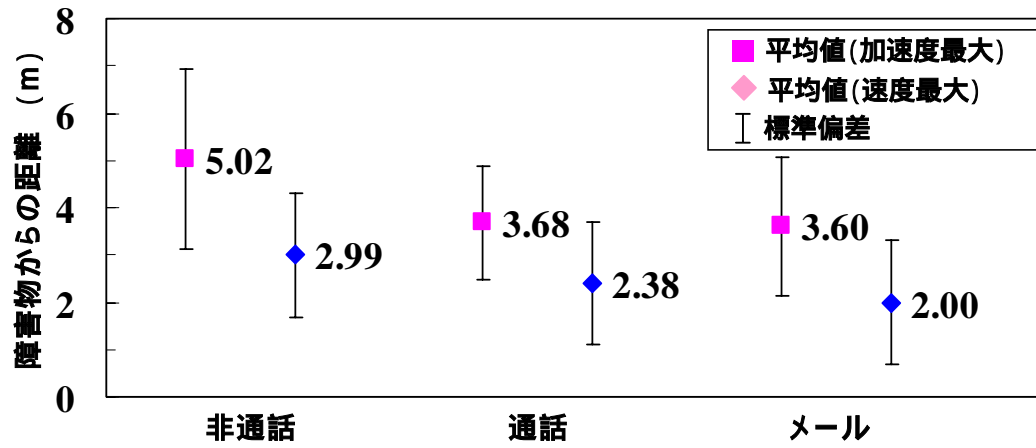


図 2.24 側方向速度・加速度最大地点と障害物との距離

2.6 まとめ

携帯電話使用時に、前方の静止した障害物に対する回避行動に及ぼす影響として以下のことが確認された。

(1) 携帯電話使用は、進行方向の歩行速度の低下を招くとともに前方の障害物に対する回避行動の遅れを生じさせる。

「通話」の歩行速度は「非通話」の91%に低下しており、

「メール」は歩行速度は「非通話」の83%に低下している。

この回避行動の遅れは、音声の聴取・発生・画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

(2) 前方を十分に確認しながら歩行できる「非通話」に対し、「通話」・「メール」で障害物付近で側方向の歩行速度調整をしている。

(3) 速度最大地点と障害物との距離は、「非通話」「通話」(80%)「メール」(67%)の順となっている。また、加速度最大地点は、「非通話」と比べて「通話」(73%)「メール」(72%)の場合に距離が小さくなる。

2.7 今後の課題

静止した障害物に対する回避行動の実験を行ったが、実際の歩行状況を考えると、対向者が歩行しているなど複雑な要因があるので、他の歩行者との衝突や通行妨害につながる可能性がある。そのためには、障害物通過位置の前後・障害物の向き・空間特性の違いも考慮することが必要である。

第3章 直前で動き出す障害物に対する 回避行動に及ぼす影響

3.1 実験の目的

回避行動を起こす際、携帯電話使用による障害物の位置の変化に対する判断への影響を調べる。

本実験では、歩行中の携帯電話使用、すなわち通話やメール作成行為によって直前で動き出す障害物に対する回避行動がどのように変化するかについて明らかにすることを目的とする。

3.2 実験概要

携帯電話使用時に、前方で静止していた障害物が直前で動き出す場合に、その障害物に対する回避行動が携帯電話を利用していない場合と比較してどの程度変化するかを被験者実験により明らかにする。

具体的には、レーザレンジスキャナによって被験者の歩行軌跡データを採取し、携帯電話使用時・非使用時の比較を行う。

実験結果から以下の項目について検討する

- ・ 歩行条件の違い（「非通話」「通話」「メール」）
- ・ 歩行軌跡の違い（1mごとに通過位置の違いを見る）、側方回避距離
- ・ 速度（x方向、y方向）、x方向全区間歩行速度、速度最大地点および障害物までの距離
- ・ 加速度（x方向、y方向）、加速度最大地点、加速度最大地点および障害物までの距離
- ・ 前方回避、後方回避の違い

3.3 実験の流れ

実際の建築内部廊下に計測区間を含む歩行コースを設定し、被験者に歩行させる。コースは「非通話」、「通話」、「メール」の3条件で順序を変えて歩行させる。

実験の流れは、以下の通りとした。

(「非通話」 - 「通話」 - 「メール」の順で歩行する場合)

1. 被験者がスタート地点に集合。
2. 被験者は携帯電話を持ち、2Fから歩行開始。
3. 被験者がチェックポイントに到達、心理テストに回答する。そのまま歩行を継続。1回目の回避行動を計測。1Fを通過し、2Fに戻る。
4. 被験者が2つ目のチェックポイントに到達、心理テストに回答する。通話した状態でそのまま歩行を継続。2回目の回避行動を計測。1Fを通過し、2Fに戻る。
5. 被験者が3つ目のチェックポイントに到達、心理テストに回答する。メールを作成している状態でそのまま歩行を継続。3回目の回避行動を計測。1Fを通過し、2Fに戻る。
6. 被験者がコース最終地点に到達、実験者は携帯電話を回収。
7. 被験者に対してアンケートを実施、データを採取する。

3.4 実験の詳細

3.4.1 被験者

被験者は、20代の男女計17名である。

被験者選出条件は、以下の2点とした。

- ・携帯電話の利用経験があること
- ・携帯電話でのメール作成に不自由がないこと

3.4.2 実験コース

被験者にコースを教示し、そのコースに沿って歩行してもらう。

歩行中、障害物を避ける行動を障害物の前方約14mから後方9mまでの間、約23mをレーザーレンジスキャナで計測し、ビデオカメラでも記録する。

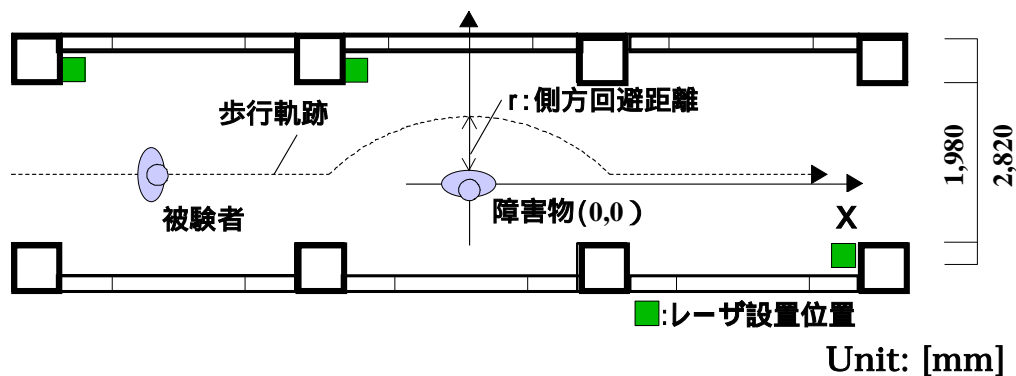


図 3.1 計測区間平面図

コース設定

- ・ コースは1周約650m(所要時間は約10分)
- ・ 携帯電話で通話してもらう区間とメールを作成してもらう区間を設けている。

2F 1F 2F 1F 2Fの順で、回避行動は2Fで計3回計測する。

3回の計測で携帯電話非使用時・通話中・メール作成中の3種類をいずれも立ち止まっている人間(実験者)を回避するという状況で計測する。

実験者は被験者が計測区間を含む直線廊下に入った時、既に所定の位置にいるものとする。被験者が障害物の前方3m地点に来た時点で、実験者は1歩(約30cm)後退する。

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

コース内 2F に 1 箇所、計測区間を含む直線廊下の入口にチェックポイントを設ける。チェックポイントでは質問を書いた紙を柱に貼っておき、被験者にはその地点を通過する際に質問に答えてもらう。被験者は各チェックポイントを計 3 回通過する。

これは被験者の気を反らすとともに、計測区間に入る際に 1 度全員に同じ行動をしてもらうことで実験の条件をなるべく統一するためである。

表 3.1 被験者の行動パターン

	2F			1F			2F			1F			2F			
	スタート	B2	A2	A階段	A3	B3	B階段	B2	A2	A階	A1	B1	B階段	B2	A2	A階段
A	非通話															ゴール
B	非通話															ゴール
C	通話															ゴール
D	通話															ゴール
E	メール															ゴール
F	メール															ゴール

青：携帯電話非使用時 黄色：通話中 赤：メール作成中 :すれちがうポイント

被験者が携帯電話を使用する区間については学習効果の影響を考慮して次の A~F の 6 パターンに分ける。(表 3.1)

A：2F でチェックポイントを通過してから 1F へ下り、2F に上り、チェックポイントを通り過ぎたら通話を始めてもらう。1F へ下り、B 階段で通話をやめてもらう。2F でチェックポイントを通り過ぎ後、メールを作成。再び歩き始めてもらい、ゴールまでメールを作成しつづける。

2F	1F	2F	1F	2F
非通話		通話		メール

B：2F でチェックポイントを通過してから 1F へ下り、2F に上り、チェックポイントを通り過ぎたらメールを作成しながら歩き始めてもらう。1F へ下り、B 階段でメール作成をやめてもらう。2F でチェックポイントを通り過ぎ後、通話を始めてもらう。再び歩き始めてもらい、ゴールまで通話しつづける。

2F	1F	2F	1F	2F
非通話		メール		通話

C：2F でチェックポイントを通過してから通話を始めてもらう。1F へ下り、B 階段で通話をやめてもらう。チェックポイントを通り過ぎたら歩き始めてもらう。再び 2F でチェックポイントを通り過ぎ後、メールを作成しながら歩き始めてもらう。ゴールまでメールを作成しつづける。

2F	1F	2F	1F	2F
通話		非通話		メール

D：2F でチェックポイントを通過してから通話を始めてもらう。1F へ下り、B 階段で通話をやめてもらう。2F に上り、チェックポイントを通り過ぎたらメールを作成しながら

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

歩き始めてもらう。1Fへ下り、B階段でメール作成をやめてもらう。再び2Fでチェックポイントを通過後、ゴールまで歩きつづける。

2F	1F	2F	1F	2F
通話		メール		非通話

E：2Fでチェックポイントを通過後からメールを作成しながら歩き始めてもらう。1Fへ下り、B階段でメール作成をやめてもらう。チェックポイントを通過したら歩きつづけてもらう。再び2Fでチェックポイントを通過後、通話しながらゴールまで歩きつづける。

2F	1F	2F	1F	2F
メール		非通話		通話

F：2Fでチェックポイントを通過後からメールを作成しながら歩き始めてもらう。1Fへ下り、B階段でメール作成をやめてもらう。チェックポイントを通過したら通話を始めてもらう。1Fへ下り、B階段で通話をやめてもらう。チェックポイントを通過したらゴールまで歩きつづける。

2F	1F	2F	1F	2F
メール		通話		非通話

これら6つを歩行順にまとめたものが表3.2である。

また被験者がゴールした後、実験について内容を明かすとともにいくつかの質問をする。

表3.2 被験者の行動パターン

		A	B	C	D	E	F	
歩 行 順	1	非通話	非通話	通話	通話	メール	メール	1歩後退
	2	通話	メール	非通話	メール	非通話	通話	
	3	メール	通話	メール	非通話	通話	非通話	

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

2 F

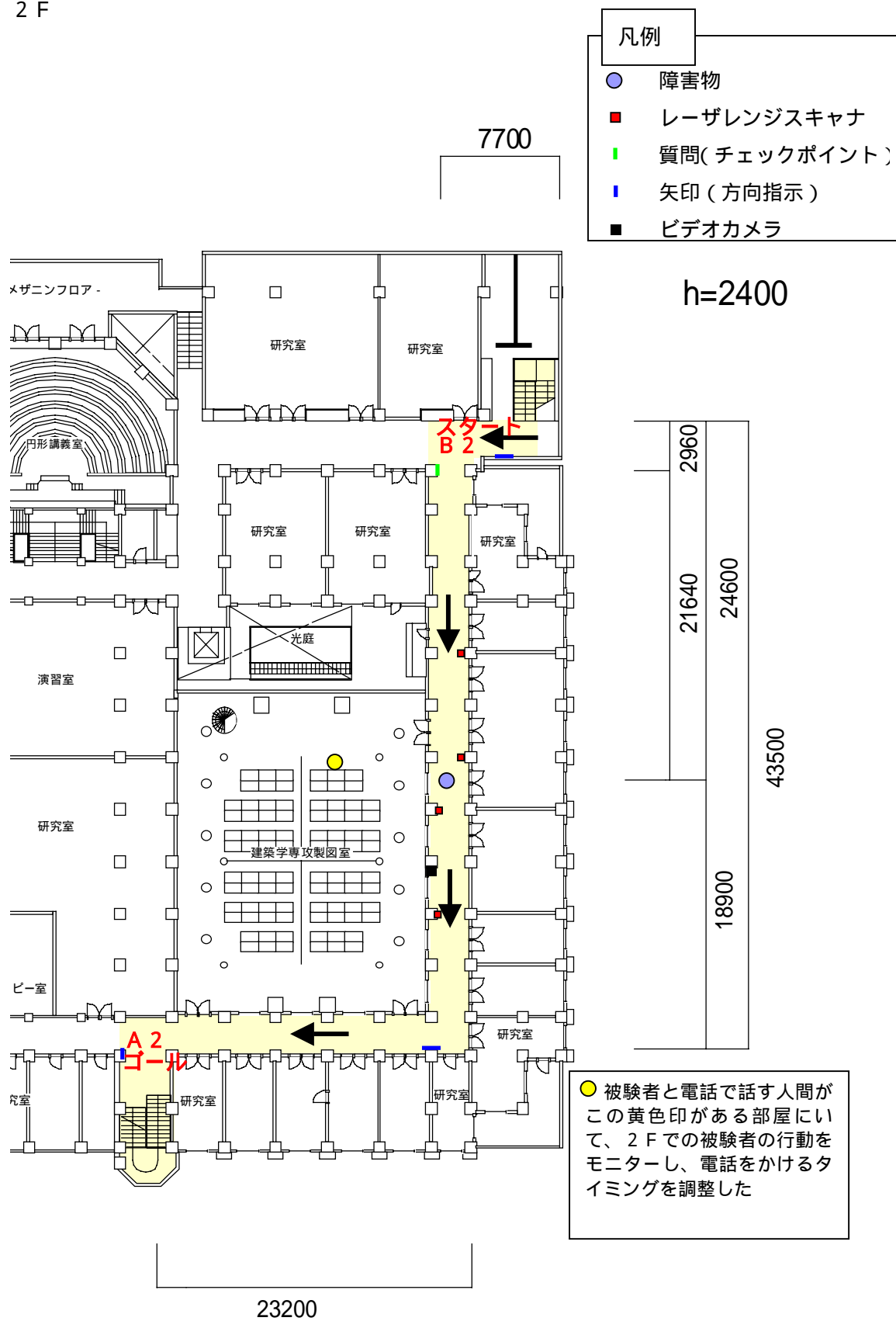


図 3.2 実験場所 (2F)

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

また、障害物の近傍を拡大した図面が下のものである。

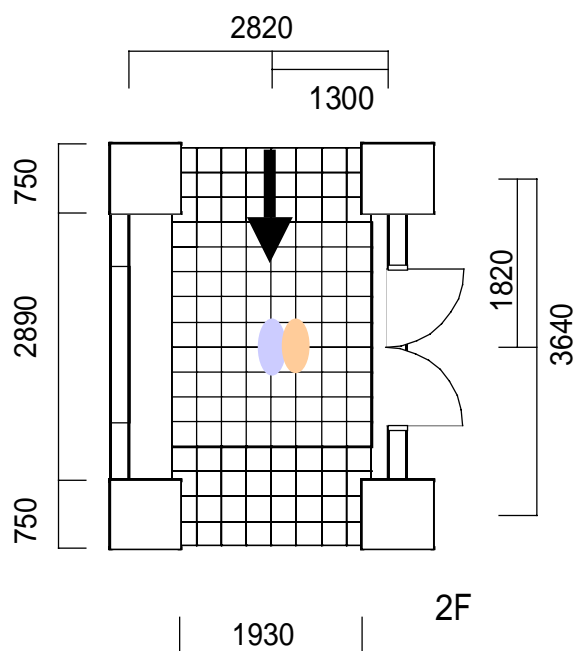


図 3.4 実験詳細図

● 障害物は、被験者が障害物の前方 3m 地点に来た時に 1 歩（約 30cm）後退する。

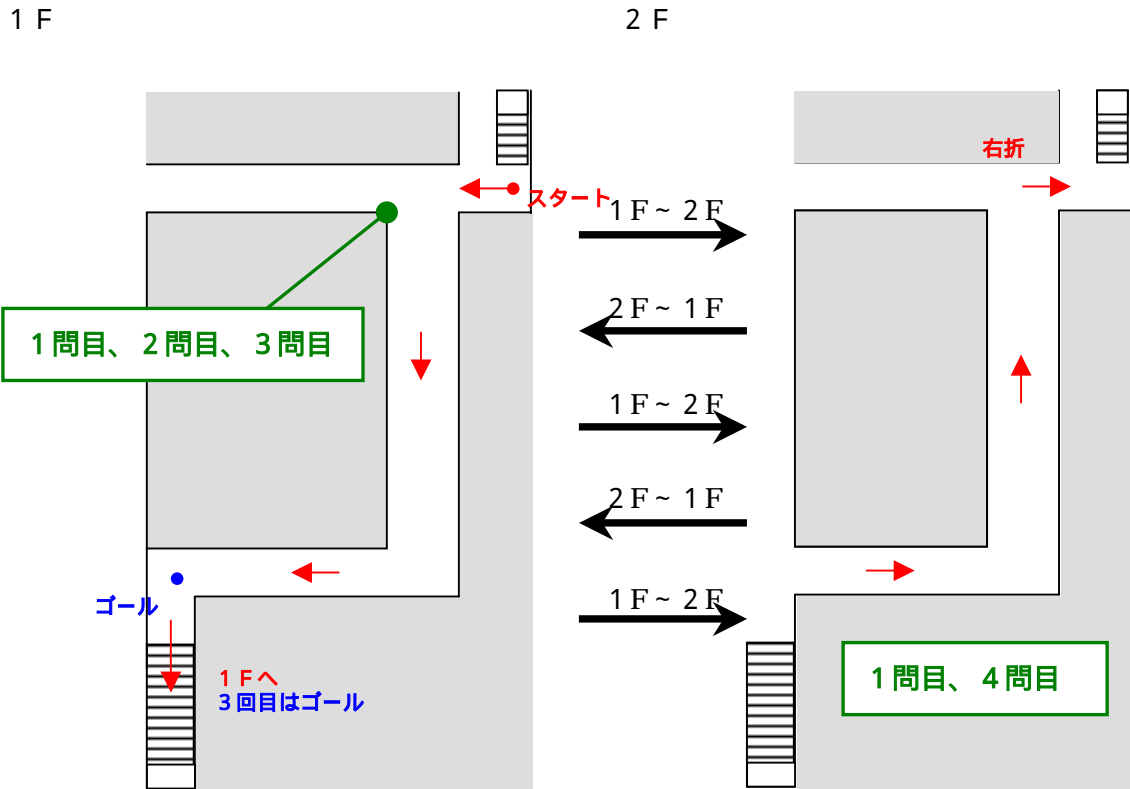


図 3.5 歩行経路

教示文

<全グループ共通>

「本日は実験に参加していただきありがとうございます。

これからいくつか心理テストをやってもらいます。その質問はこの建物の中にあるので、いまからこちらが指定するルートに沿って歩き、質問を見つけて回答してください。

質問はあまり深く考えずに答えてください。1周するのに約10分かかります。

途中、お手持ちの携帯電話でメールを作成してもらうことや電話で質問に答えてもらうこともありますが、その間も歩き続けてください。

まず2Fからスタートし、1Fを通りまた2Fへ上がってくるコースで、最後に2Fがゴールとなります。それでは質問の場所など詳しいコースの説明と、コースのどこで携帯電話を使用するかについて地図を使って説明します。」

「質問のある場所は2Fです。スタート地点から歩いて最初の突き当たりのドアに貼ってあります。2つめは1つめと同じ場所にあります。3つめも1つめと同じ場所にあります。1回目に通るときに2回目、3回目用の質問を見ないようにしてください。質問の答えはその都度、質問と同じ場所にあるメモ用紙に書いてください。」

1例としてグループAの教示文を示す。

<グループA>

「スタートして少し歩くと、2Fに1つめの質問があるのでそれに答えてください。

その後1Fへ行き、2Fに戻って2つめの質問に答えたら電話がかかるのを待っていてください。電話に出たらまた歩き始めてください。その後は電話で話したまま2Fと1Fを歩いてください。階段の前で、通話をやめてください。階段を上り、3つめの質問に答えてください。2Fからメールを作成し始めてください。内容は3つめの質問の答えと、末尾に自分の名前を入れてください。その後はメールを作成しながらゴールまで向かってください。」

3.4.3 携帯電話と会話内容

携帯電話

実験に利用した携帯電話は、以下の通りである。

- ・被験者側：「A1402S」
- ・実験者側：「A1402S」

会話内容

実験中の被験者・実験者間の通話およびメールの内容は、全実験を通じて以下の無いように統一した。

- ・心理テストの回答
- ・フェイス項目

3.4.4 データの採取方法

データの種類

「軌跡」

- ・被験者ごとの軌跡（「非通話」「通話」「メール」3条件）
- ・側方回避距離

「速度」

- ・進行方向の全区間歩行速度（歩行条件別）
- ・1m毎の進行方向歩行速度
- ・1m毎の側方向歩行速度
- ・側方向の速度最大地点
- ・速度最大地点と障害物との距離

「加速度」

- ・1m毎の進行方向の加速度
- ・1m毎の側方向加速度
- ・側方向の加速度最大地点
- ・加速度最大地点と障害物との距離

なお、データの採取方法は、第2章と同様の手法で行った（2.4.4 参照）

3.4.5 分析方法

レーザ計測で求められた歩行時の重心位置の軌跡を歩行軌跡とし、ビデオ映像から被験者のものと確認できた軌跡を分析対象とする。一般に、歩行軌跡は細かい振動成分を含んでいることから、2足歩行特有の左右の揺れ（約1秒周期）を取り除くために1秒間の移動平均処理を行う。また、図3.1に示すように x, y 座標系の原点を障害物の設置位置にとり、廊下に平行な軸を x 軸（進行方向側を正）、直交する軸を y 軸（進行方向の左手側を正）とする。以下では歩行軌跡と y 軸との交点の値を側方回避距離と呼ぶこととする。

3.4.6 実験日程

実験は、表3.3に示すように11月27日、28日の2日間で実施した。

表3.3 実験日程

場所	東京大学本郷キャンパス工学部1号館内
日程	予備実験 11月23日（火） 本実験 11月27日（土）、28日（日）
時間	10:30～12:00、13:00～15:00 16:00～18:00

レーザセンサ周期：2時間計測、3分休憩

ビデオカメラ：最大2時間撮影可能

3.5 実験結果

3.5.1 歩行軌跡

各被験者の歩行軌跡を歩行条件別に以下に示す（図 3.6，図 3.7，図 3.8）。

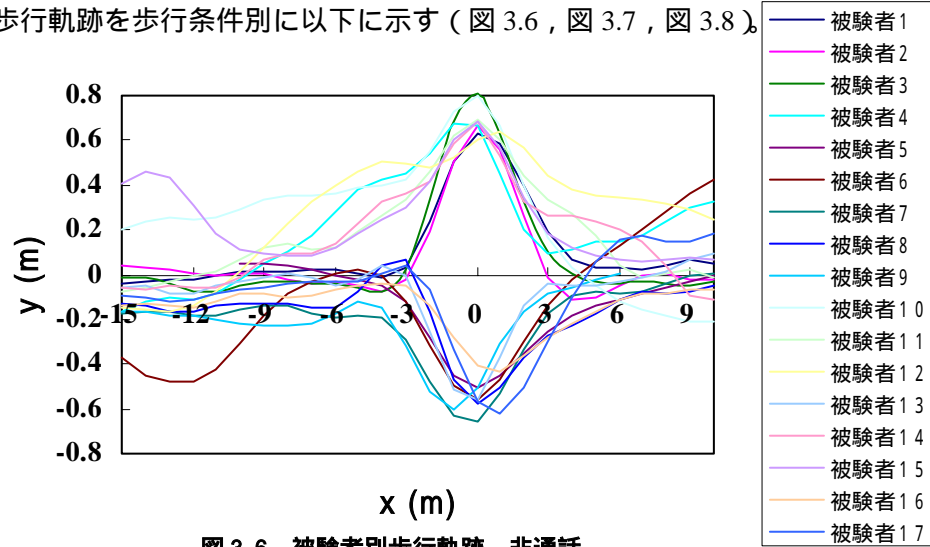


図 3.6 被験者別歩行軌跡 非通話

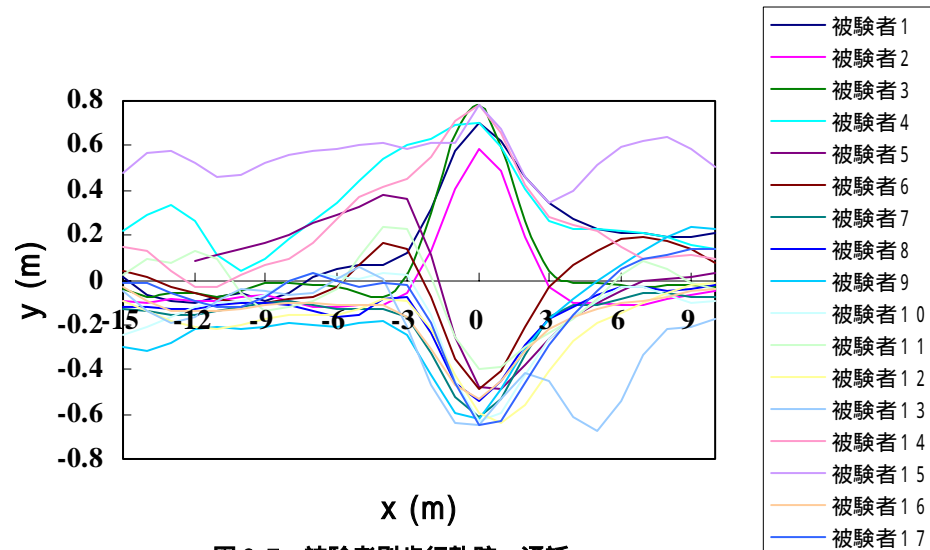


図 3.7 被験者別歩行軌跡 通話

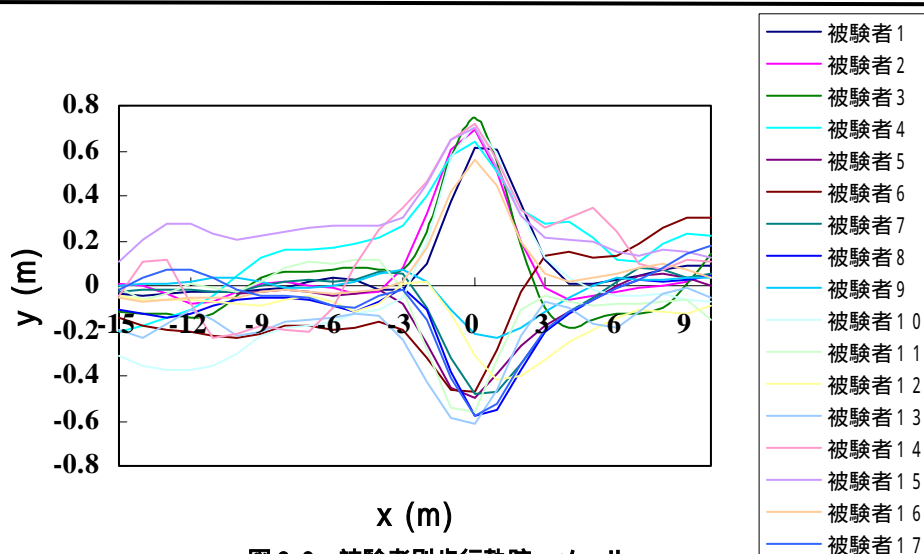


図3.8 被験者別歩行軌跡 メール

歩行条件によらず、前後を通過する被験者が見られた。

歩行条件別に見てみると、以下の様になる。

「非通話」 障害物の後方を通過した被験者：8人（47%）
 障害物の前方を通過した被験者：9人（53%）

「通話」 障害物の後方を通過した被験者：6人（35%）
 障害物の前方を通過した被験者：11人（65%）

「メール」 障害物の後方を通過した被験者：9人（53%）
 障害物の前方を通過した被験者：8人（47%）

「通話」に障害物前方を通過する被験者の数が多い。

歩行条件別の軌跡の被験者平均を以下に示す（図 3.9）。

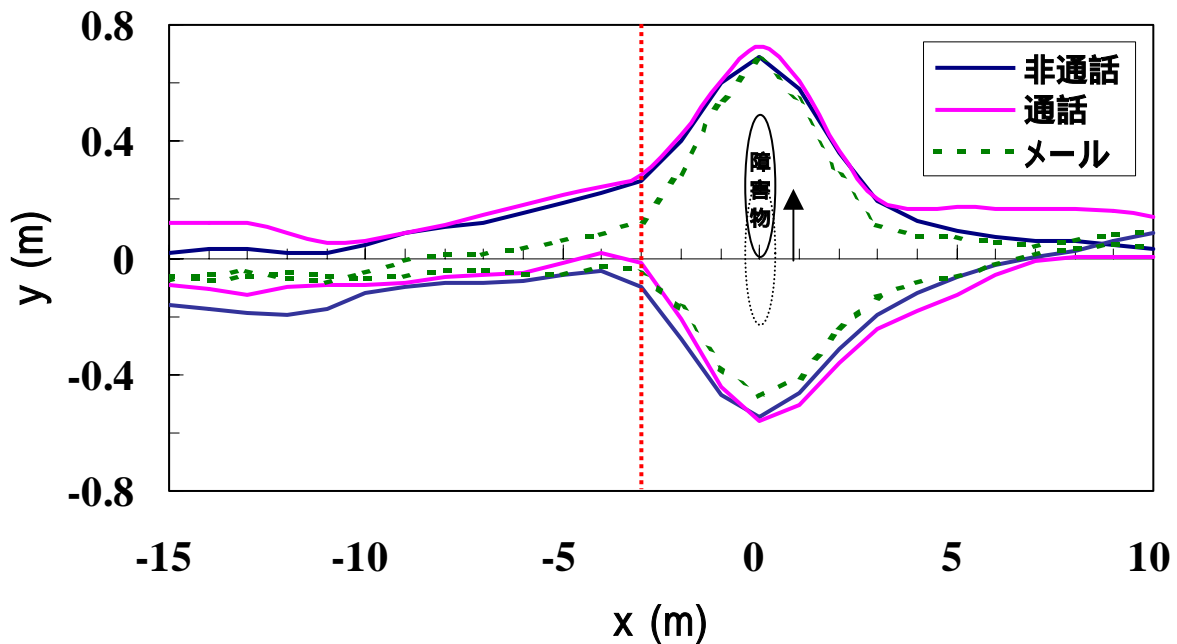


図 3.9 平均歩行軌跡

軌跡の違いは、回避行動の遅れに相当する。

障害物が動き出す 3m 地点付近で急激な方向転換をしていることがわかる。

歩行条件別に見てみると「メール」に回避行動の遅れが見られる。これは、携帯電話使用による画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

側方回避距離を表 3.4 に示す。

表 3.4 側方回避距離

	非通話	通話	メール
実験 1	0.54	0.54	0.57
実験 2	0.64	0.63	0.58
実験 2 (後)	0.70	0.73	0.69
実験 2 (前)	0.56	0.57	0.49

「非通話」では後方 70cm に対して、前方は 56cm、その差は 14cm。1 歩（移動距離 27cm）の約 1/2 となっている。

「通話」では後方 73cm に対して、前方は 57cm、その差は 16cm。

「メール」では後方 69cm に対して、前方は 49cm、その差は 20cm。

「メール」「通話」「非通話」の順に差が小さくなっている。

これは、携帯電話使用による周辺環境認知の低下が原因と思われる。

1 歩後退した場合、半歩後退した位置で左右対称に歩行軌跡が現れていると思われる。

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

実験1との比較（後方のみ）

「非通話」実験2では後方70cmに対して実験1では54cm。差は16cm。

「通話」実験2では後方73cmに対して実験1では54cm。差は19cm。

「メール」実験2では後方69cmに対して実験1では57cm。差は12cm。

後方を通過した被験者では、「通話」「非通話」「メール」の順に側方回避距離の差が小さくなっている。

3.5.2 歩行速度

3.5.2.1 進行方向速度 (V_x)

各条件下における進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図3.10に示す。

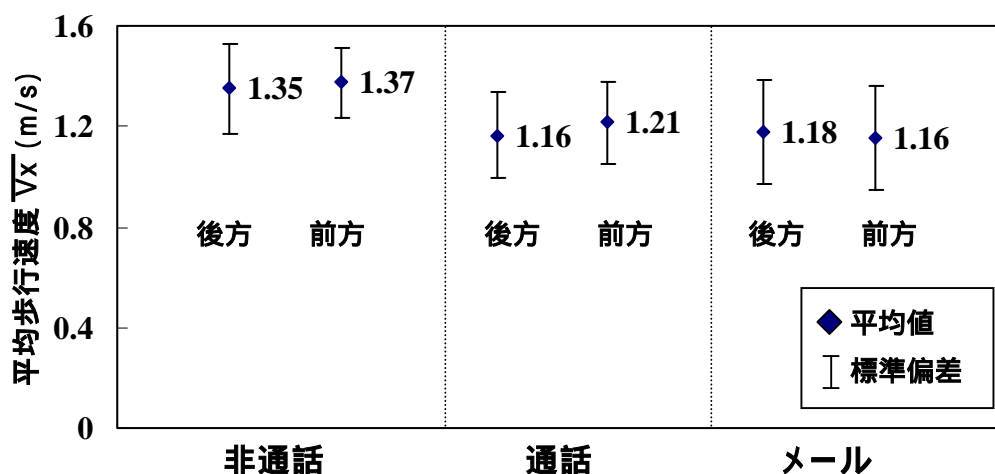


図3.10 全区間平均歩行速度

平均歩行速度は後方を通過する場合、「非通話」と比較して「通話」(86%)「メール」(87%)で速度が低下している。

前方を通過する場合、「非通話」「通話」(88%)「メール」(86%)の順で速度が低下している。

障害物の前後で比較すると「非通話」「通話」では、前方を通過する際の速度が速く、「メール」では後方を通過する際の速度が速い。

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

次に、各被験者の進行方向歩行速度を歩行条件別に以下に示す(図 3.11, 図 3.12, 図 3.13)。

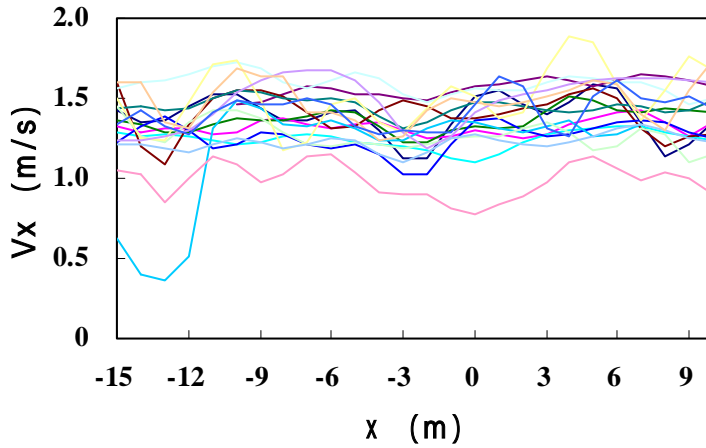


図 3.11 進行方向歩行速度 非通話

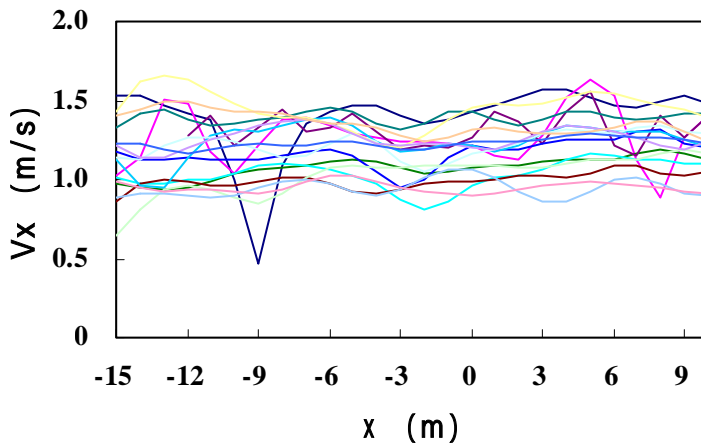


図 3.12 進行方向歩行速度 通話

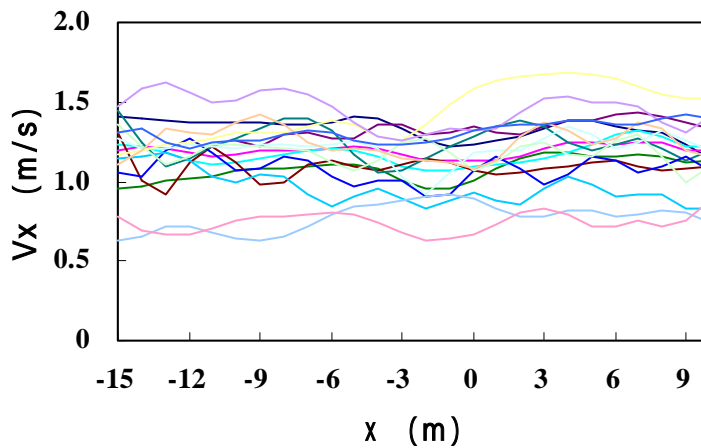
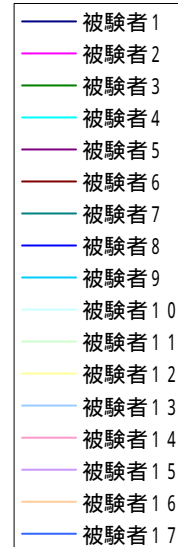
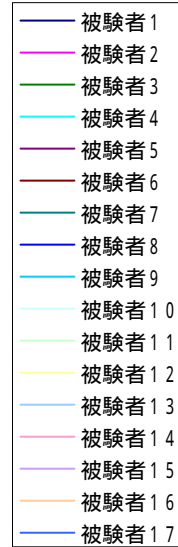
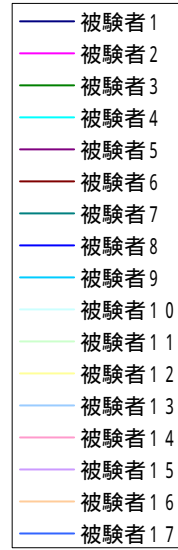


図 3.13 進行方向歩行速度 メール



第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

歩行条件別の進行方向歩行速度の被験者平均を以下に示す（図 3.14 , 3.15 ）。

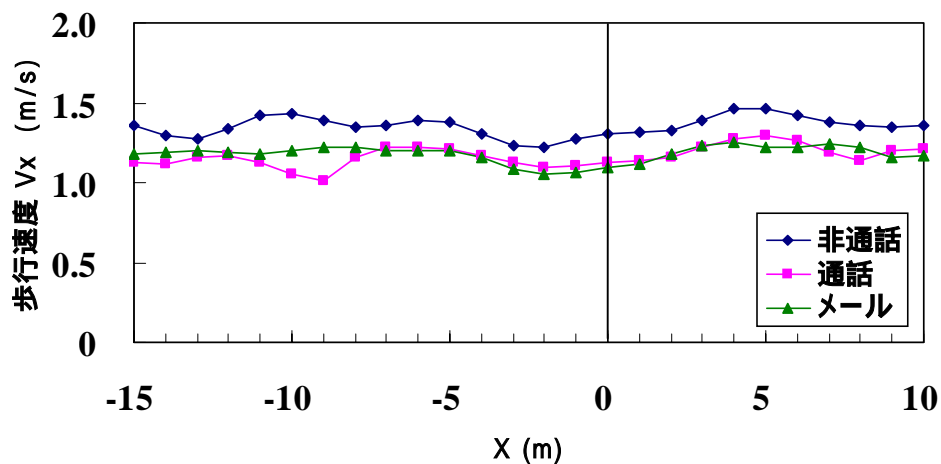


図 3.14 進行方向歩行速度（後方）

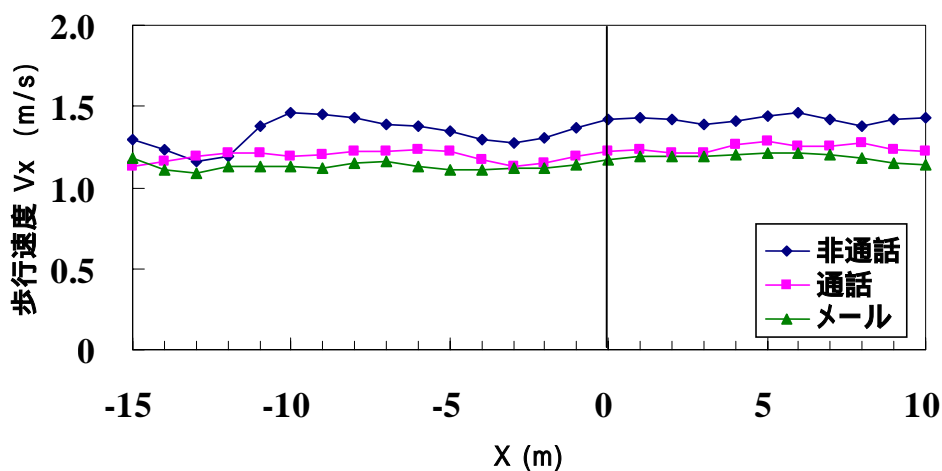


図 3.15 進行方向歩行速度（前方）

障害物が動き出す前方 3m 付近で、多少速度が落ちるが、全区間を通してほぼ一定であることがわかる。通過位置の違いを見ても、前後ともに「非通話」に比べて「通話」「メール」は速度が小さい。

3.5.2.2 側方向速度 (V_x)

各被験者の側方向歩行速度(後方)を歩行条件別に以下に示す(図 3.16 ,図 3.17 ,図 3.18)。

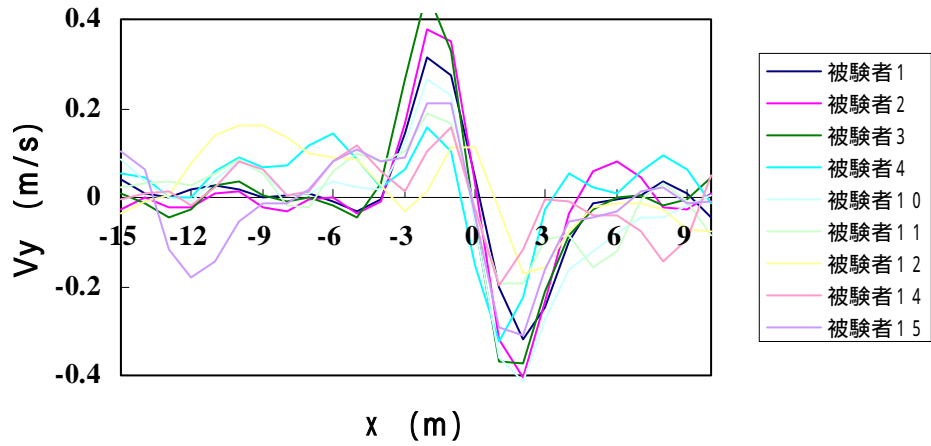


図 3.16 側方向歩行速度 非通話(後方)

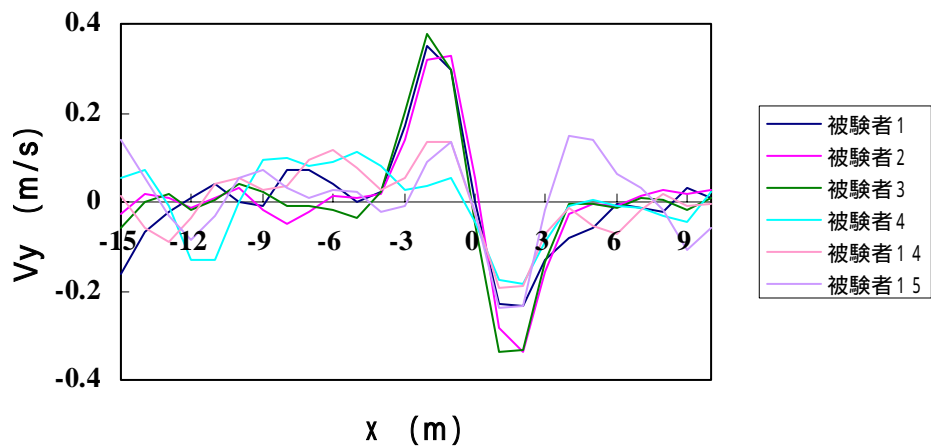


図 3.17 側方向歩行速度 通話(後方)

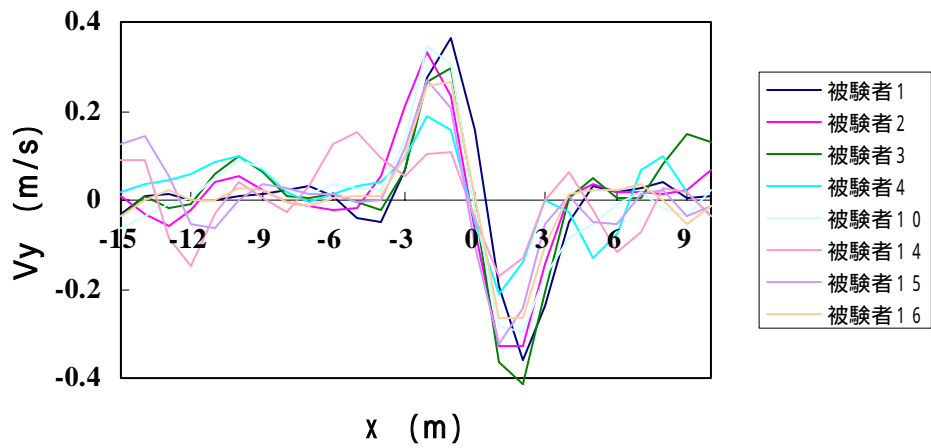


図 3.18 側方向歩行速度 メール(後方)

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

各被験者の側方向歩行速度(前方)を歩行条件別に以下に示す(図 3.19, 図 3.20, 図 3.21)。

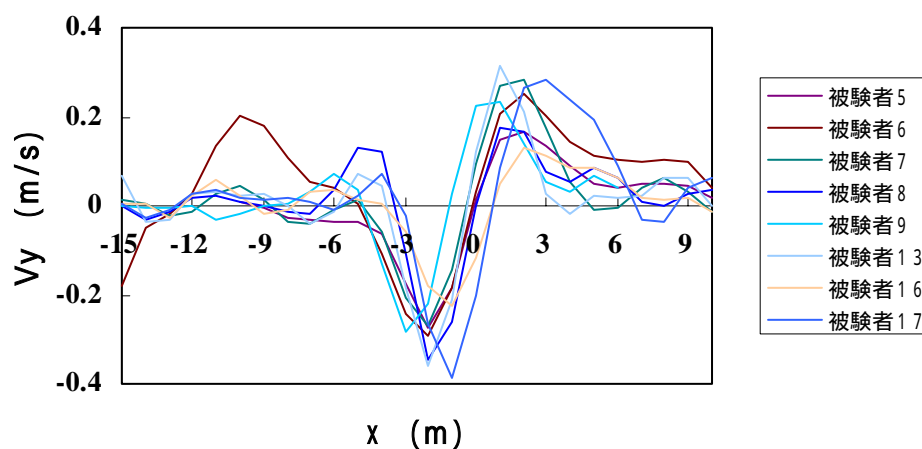


図 3.19 側方向歩行速度(前方)

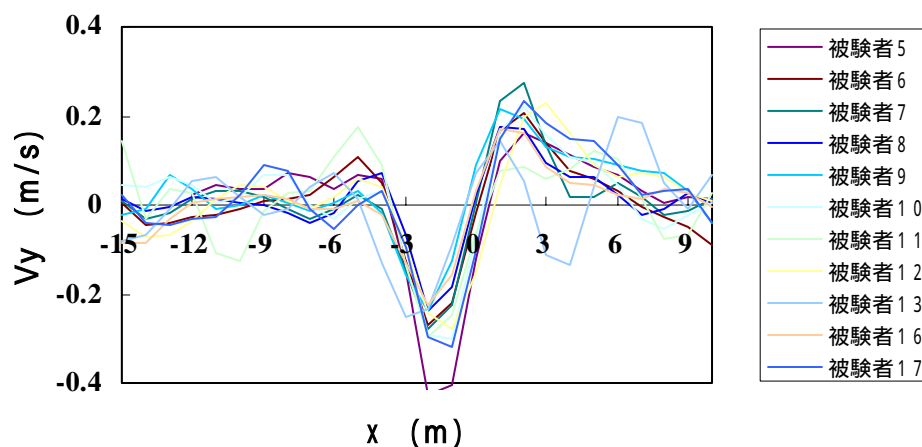


図 3.20 側方向歩行速度(前方)

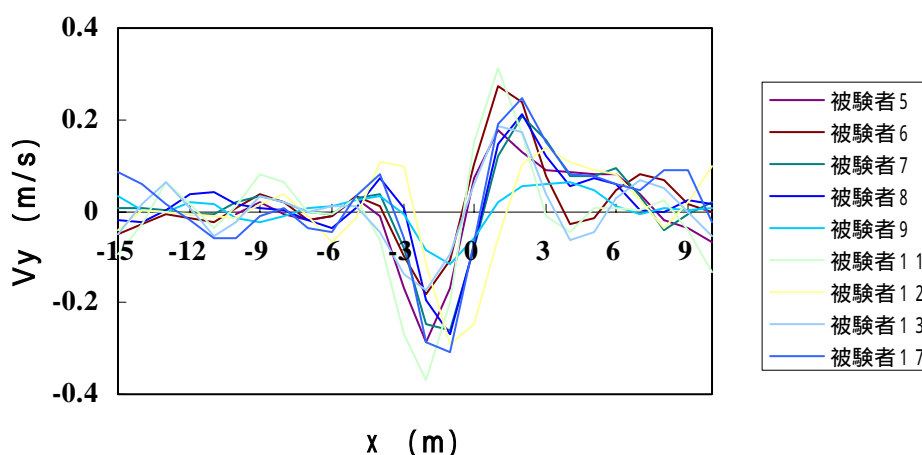


図 3.21 側方向歩行速度(前方)

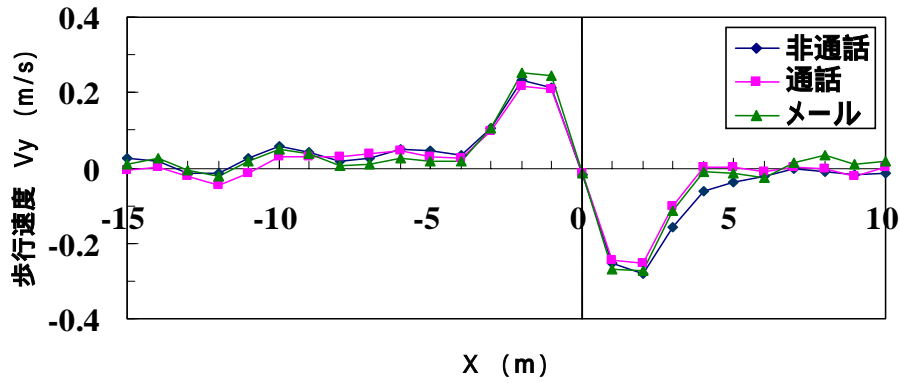


図 3.22 側方向歩行速度（後方）

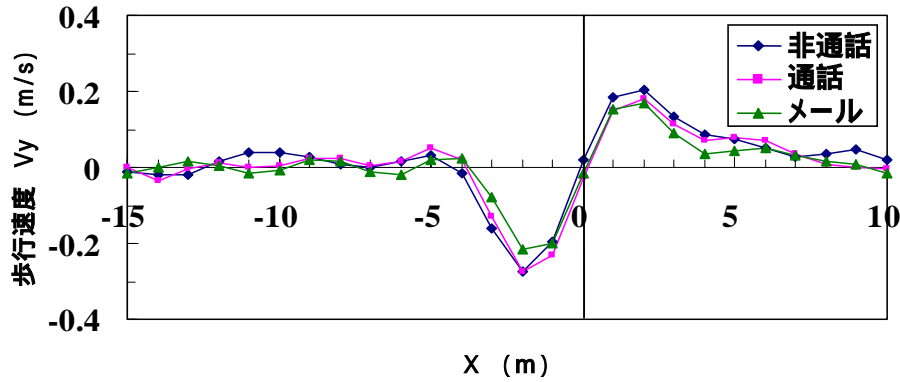


図 3.23 側方向歩行速度（前方）

1m 区間毎の y 方向の歩行速度を前後別に図 3.22 図 3.23 に示す。後方では、歩行条件による差がほとんど見られないのに対し、前方では、障害物前方 3m 地点での速度が「非通話」「通話」「メール」の順になっている。これは、携帯電話使用による判断の遅れが生じたと考えられる。

3.5.2.4 側方向速度・加速度最大地点

障害物に近接する側方向への加速区間において図 2.23 に示すように速度および加速度が最大となる地点を求めた。

速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 3.24 に示す。

後方での速度最大地点と障害物との距離は、「通話」(142%)「メール」(136%)「非通話」の順になっている。前方では、「メール」(104%)「通話」「非通話」の順になっている。

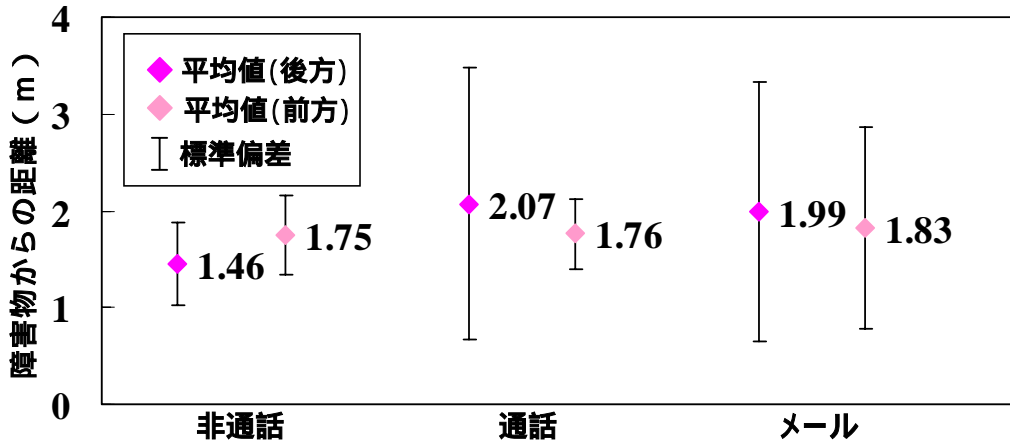


図 3.24 側方向速度最大地点と障害物との距離

これらの結果は、障害物前方 3m 地点よりも遠くから回避行動をしている場合も含むため、障害物前方 3m 以内での加速度最大地点を求めた。速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 3.25 に示す。

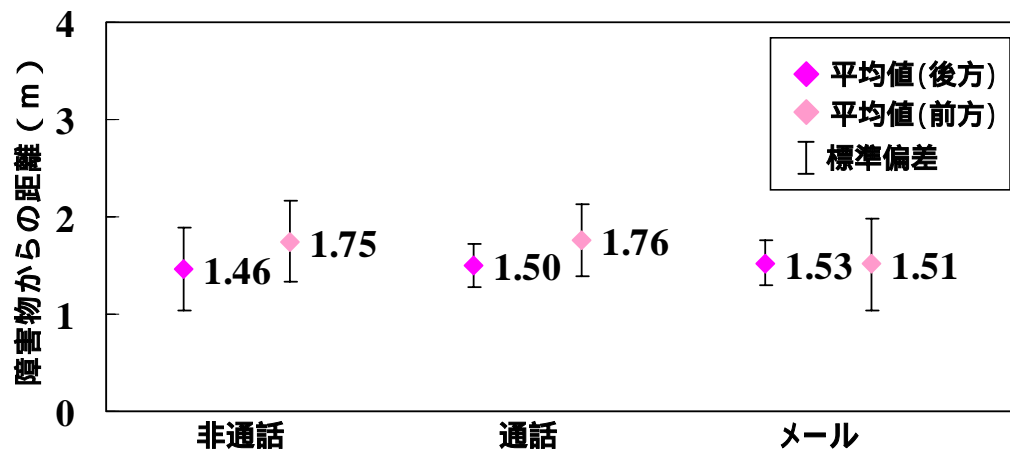


図 3.25 側方向速度最大地点と障害物との距離

後方での速度最大地点と障害物との距離は、「メール」(104%)「通話」(102%)「非通話」の順になっている。前方では、「通話」(100%)「非通話」「メール」(86%)の順になっている。前後で比較すると、「非通話」「通話」では、前方を通過する場合に速度が大きく、「メ

「メール」では、ほぼ等しい。「メール」では、障害物の前方を通過しているという意識が低下しているためと考えられる。

次に、加速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 3.26 に示す。

後方での加速度最大地点と障害物との距離は、「通話」(149%)「メール」(127%)「非通話」の順になっている。前方では、「通話」「非通話」「メール」(92%)の順になっている。

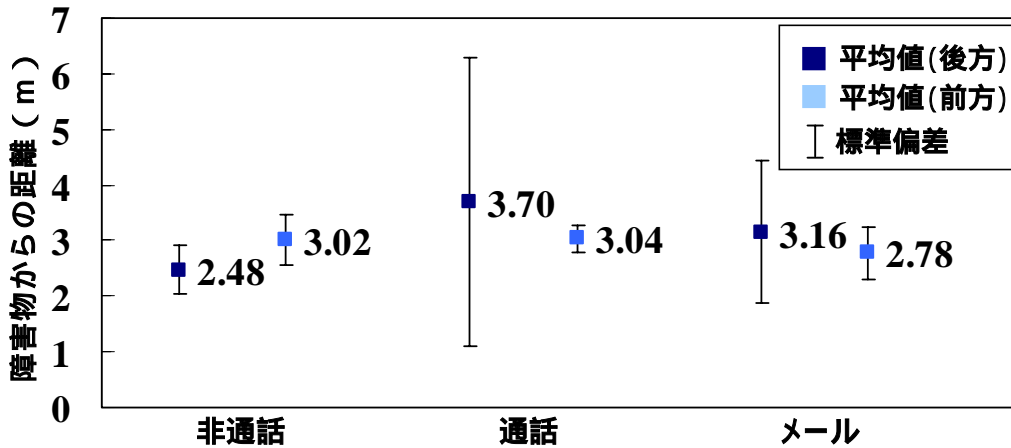


図 3.26 側方向加速度最大地点と障害物との距離

同様に障害物前方 3m 以内での加速度最大地点を求めた。速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 3.27 に示す。

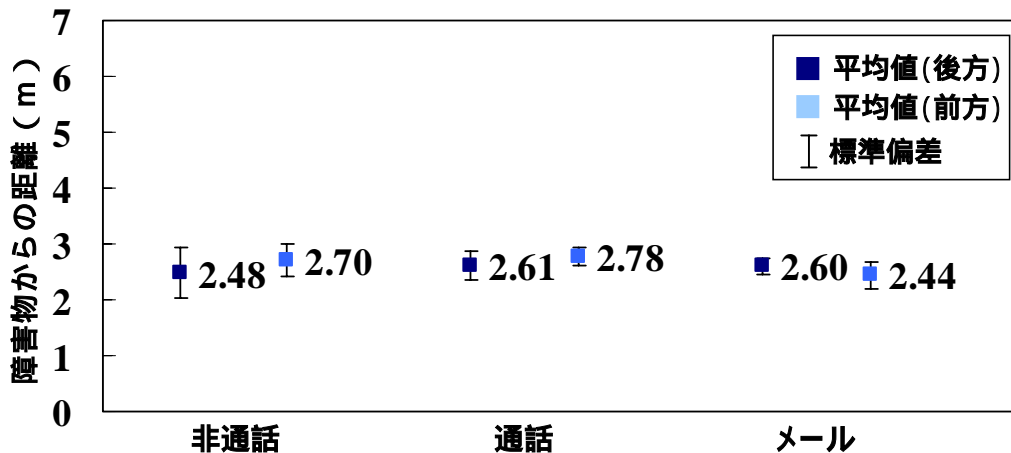


図 3.27 側方向加速度最大地点と障害物との距離

後方での速度最大地点と障害物との距離は、「通話」「メール」(105%)「非通話」の順になっている。前方では、「通話」(103%)「非通話」「メール」(98%)の順になっている。前後で比較すると、「非通話」「通話」では、前方を通過する場合に加速度が大きく、「メール」

第3章 直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響

では、小さい。「メール」では、障害物の前方を通過することに抵抗が小さいためだと考えられる。

3.5.2.5 判別分析

判別分析は多変量解析の一つであり、あるカテゴリーのデータを目的変数とし、諸特性をそれぞれ説明変数として判別式を作成する。ここでは、まず通過位置の前後を目的変数に設定した。説明変数は1mごとの、y座標、Vx（進行方向歩行速度）、Vy（側方向歩行速度）である。個々のサンプルの各カテゴリーの重心までのマハラノビスの汎距離を求め、各々のサンプルは距離が近い方のカテゴリーに属するとして判別できる。判別の精度は、分析結果による判定（推定群）と実際に属しているカテゴリー（実績群）を対照して誤判別確率で評価する。判別分析を行った結果と誤判別の割合を次の表3.5に示す。F値2以上の説明変数が有効である。

表3.5 判別分析結果

	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
非通話															
y F値	5.31	0.38	11.41	8.21	9.57	10.15	14.25	13.87	13.06	13.64	12.27	10.00	9.72	29.54	145.91
Vx F値	0.46	0.07	0.01	0.58	0.00	0.83	1.63	1.08	0.47	0.22	0.02	0.10	0.00	0.82	0.76
Vy F値	0.17	9.26	3.27	0.31	1.21	1.71	0.06	0.19	0.02	0.00	1.31	0.11	27.12	27.12	13.19
誤判別の割合(%)	25.0	31.3	12.5	18.8	12.5	17.7	11.8	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	3.9	0	0
通話															
y F値	9.94	5.91	6.63	0.31	3.37	2.52	7.51	4.70	4.99	5.80	8.11	3.57	8.59	69.27	171.54
Vx F値	0.24	0.00	0.12	0.07	0.40	4.95	4.76	1.05	0.00	0.04	0.20	0.36	0.08	0.10	0.44
Vy F値	2.29	0.75	0.07	8.41	0.03	3.54	0.05	0.23	0.64	0.10	3.30	0.07	54.95	148.38	37.89
誤判別の割合(%)	25.0	31.3	25.0	29.4	35.3	11.8	23.5	23.5	23.5	23.5	17.7	35.3	0	0	0
メール															
y F値	0.06	0.09	0.07	0.08	0.03	1.24	1.08	0.88	0.83	0.64	4.51	3.47	1.58	3.64	41.86
Vx F値	0	0.46	0.94	0.29	0.16	1.38	0.90	0.43	0.88	6.79	0.79	0.86	0.01	0.02	0.02
Vy F値	0.75	1.23	1.12	1.23	2.56	3.74	1.27	0.91	6.79	14.19	0.06	0.10	11.73	30.08	23.80
誤判別の割合(%)	37.5	31.3	31.3	25.0	31.3	11.8	23.5	41.2	29.4	17.7	35.3	41.2	5.9	0	0

表3.5を見ると、「非通話」「通話」ではy座標が説明変数として有効であることが分かる。また「メール」では、障害物前方5m地点からy座標が効いてくる。Vyについては、障害物が動き出す3m地点から説明変数として有効になる。次に、障害物が動き出す3m地点での判別式を描いたものが図3.28、図3.29、図3.30である。説明変数は、y座標とVyに設定した。なお、メールについてはy座標のF値が2以下であるが、比較のため説明変数として算出している。

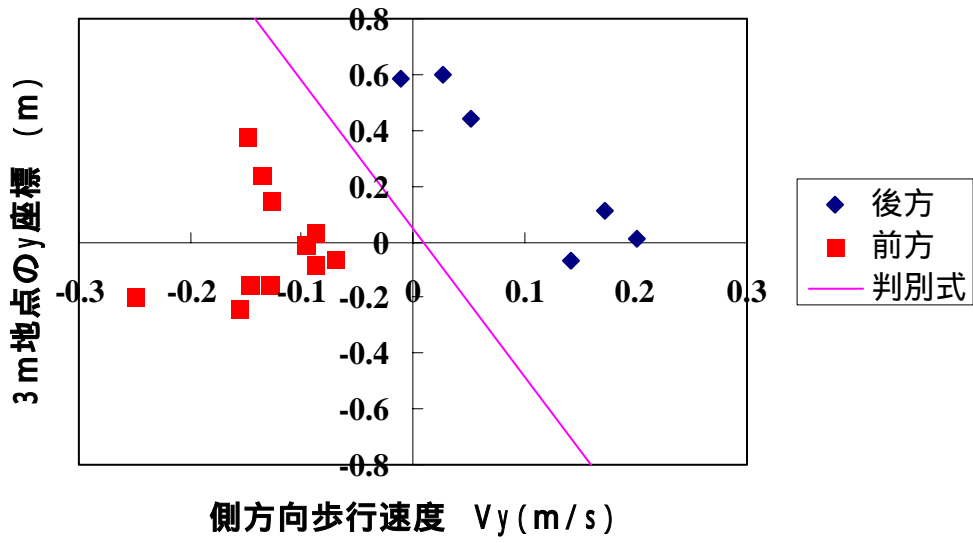


図 3.28 判別式 (非通話)

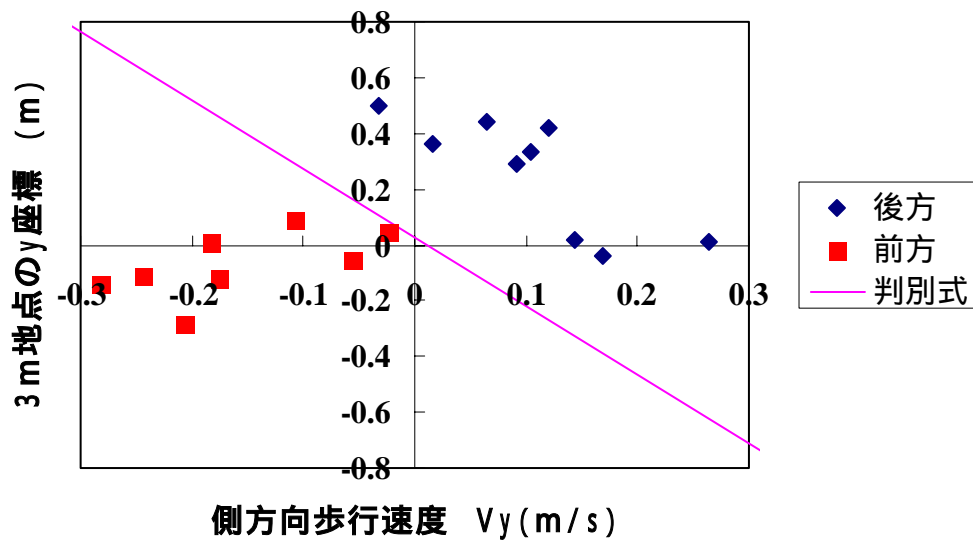


図 3.29 判別式 (通話)

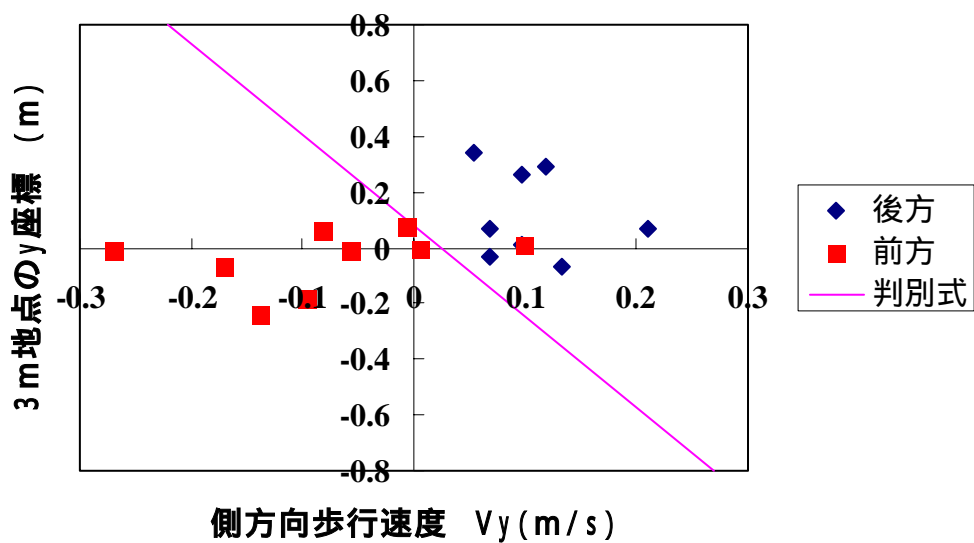


図 3.30 判別式 (メール)

「通話」における判別式の傾きが大きい。これは、前後の通過位置が V_y の影響を受けることを示している。表 3.5 における障害物前方 3m 地点での V_y の F 値が大きいことから確認される。

3.6 まとめ

携帯電話使用時に直前で動き出す障害物にたいする回避行動に及ぼす影響として、以下のことが確認された。

- (1) 歩行軌跡としては、「通話」に障害物前方を通過する被験者の数が多い。
- (2) 「非通話」「通話」に比べ、「メール」に回避行動の遅れが見られる。これは、携帯電話使用による画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。
- (3) 側方回避距離は、障害物が静止の場合よりも障害物の移動距離(27mm)の約1/2の差が出ている。その差は、「メール」「通話」「非通話」の順で小さくなっている。また、側方回避距離は障害物の移動距離の約1/2を中心に対称に歩行軌跡が現れている。
- (4) 進行方向速度は、後方を通過する場合、「非通話」と比較して「通話」(86%)「メール」(87%)で速度が低下している。前方を通過する場合、「非通話」「通話」(88%)「メール」(86%)の順で速度が低下している。障害物の前後で比較すると「非通話」「通話」では、前方を通過する際の速度が速く、「メール」では後方を通過する際の速度が速い。
- (5) 側方向速度は、前方を通過する「メール」では、「非通話」「通話」と比べて、障害物付近で側方向の歩行速度調整をしている。携帯電話の操作による注意力低下が原因であると考えられる。
- (6) 通過位置の前後を予測するために、判別分析を行った結果、説明変数として V_y と y 座標が有効である。特に「通話」では、 V_y の影響が大きい。

3.7 今後の課題

今回は障害物前方3m地点だけの限られた条件で実験を行ったが、障害物からの距離によって通過位置の前後が変化することが予想されるので、条件を変えて実験をする必要がある。

繰り返しによる影響も出ていると考えられるため、被験者の人数を増やして、より多くのデータを採取することが望ましい。

第4章 すれ違い時の回避行動に及ぼす影響

4.1 実験の目的

すれ違い時に回避行動を起こす際、携帯電話使用による対向者の移動予測に対する「ずれ」の影響を調べる。

本実験では、歩行中の携帯電話使用によって、対向して歩行してくる障害物に対する回避行動がどのように変化するかについて明らかにすることを目的とする。

4.2 実験概要

携帯電話使用時に、対向して歩行してくる障害物に対する回避行動が携帯電話を利用していない場合と比較してどの程度変化するかを被験者実験により明らかにする。具体的には、レーザレンジスキャナによって被験者の歩行軌跡データを採取し、携帯電話使用時・非使用時の比較を行う。

実験結果から以下の項目について検討する

- ・歩行条件の違い（「非通話」「通話」「メール」）
- ・歩行軌跡の違い（1mごとに通過位置の違いを見る）、側方回避距離
- ・速度（x方向、y方向）、x方向全区間歩行速度、速度最大地点および障害物までの距離
- ・加速度（x方向、y方向）、加速度最大地点、加速度最大地点および障害物までの距離
- ・前方回避、後方回避の違い

4.3 実験の流れ

実験2と同様であるため、省略する（3.3参照）。

4.4 実験の詳細

4.4.1 被験者

実験2と同様であるため、省略する(3.4.1参照)。

4.4.2 実験コース

実験コースは実験2と同様であるため、省略する(3.4.2参照)。

実験者は被験者が計測区間を含む直線廊下に入った時、廊下の曲がり角の所定の位置にいるものとする。被験者が歩行を開始した時点で、実験者は被験者と対向して廊下中央を直進する。実験者は携帯電話を使用しており、歩行速度は、実験1の結果(通話時の平均歩行速度)より1.2m/sを採用した。

4.4.3 携帯電話と会話内容

実験2と同様であるため、省略する(3.4.3参照)。

4.4.4 データの採取方法

実験2と同様であるため、省略する(3.4.4参照)。

4.4.5 分析方法

実験2と同様であるため、省略する(3.4.5参照)。

4.4.6 実験日程

実験2と同様であるため、省略する(3.4.6参照)。

4.5 実験結果

4.5.1 歩行軌跡

各被験者の歩行軌跡を歩行条件別に以下に示す(図4.1, 図4.2, 図4.3)。

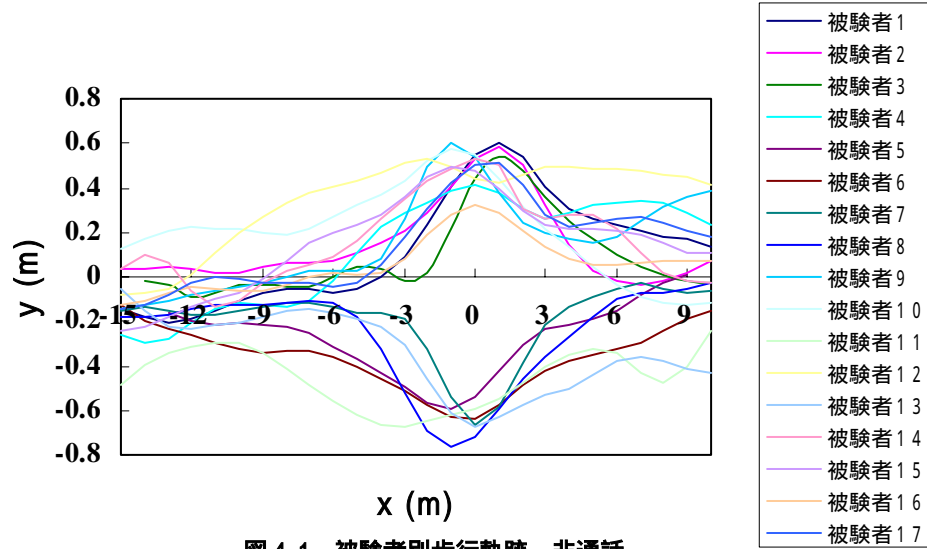


図4.1 被験者別歩行軌跡 非通話

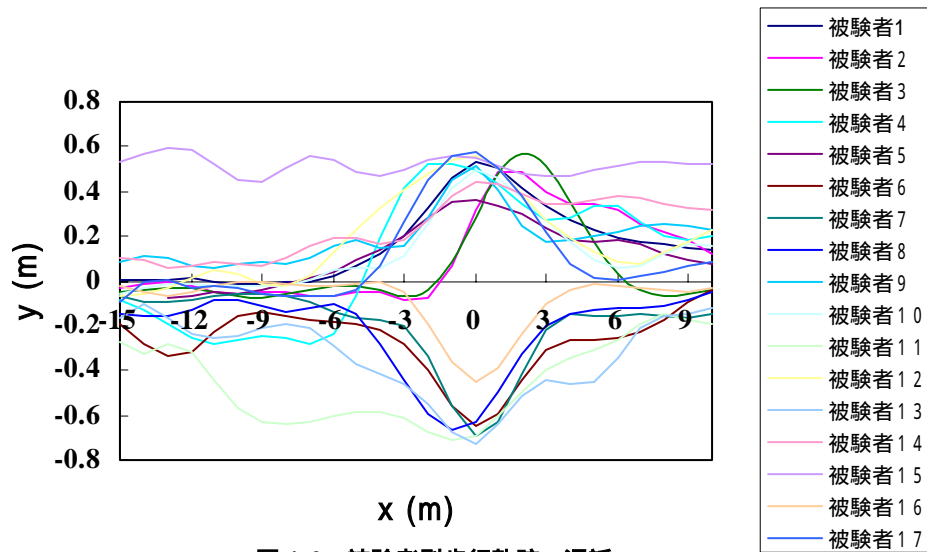


図4.2 被験者別歩行軌跡 通話

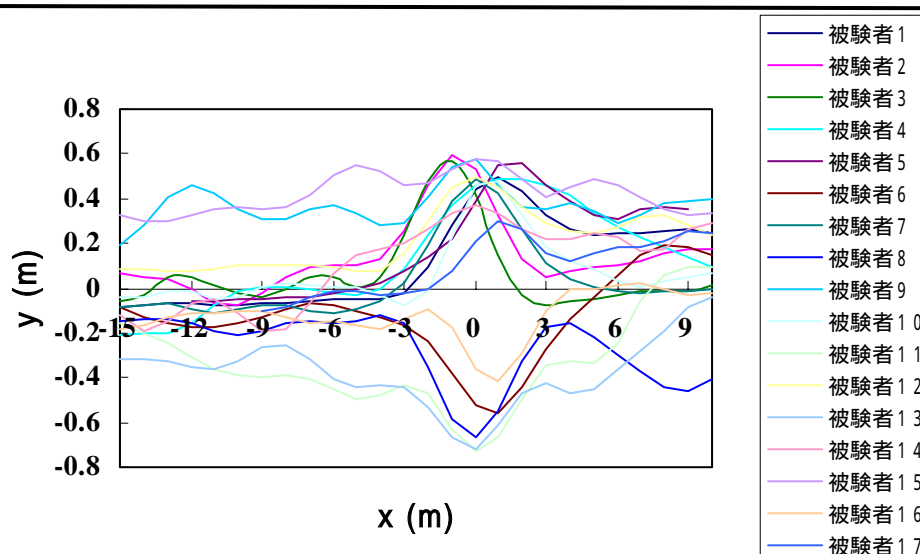


図4.3 被験者別歩行軌跡 メール

障害物が静止している場合（実験1）に比べてピーク位置がずれている。すれ違い歩行の場合、相対速度があり、側方回避距離の最大値が前後にずれると考えられる。

「非通話」

- + 側にずれる被験者：4人
- 側にずれる被験者：7人

「通話」

- + 側にずれる被験者：2人
- 側にずれる被験者：4人

「メール」

- + 側にずれる被験者：7人
- 側にずれる被験者：2人

歩行条件によらず、前後を通過する被験者が見られた。

歩行条件別に見てみると、以下の様になる。

「非通話」 障害物の左側（後方）を通過した被験者：11人（65%）
 障害物の右側（前方）を通過した被験者：6人（35%）

「通話」 障害物の後方を通過した被験者：11人（65%）
 障害物の前方を通過した被験者：6人（35%）

「メール」 障害物の後方を通過した被験者：12人（71%）
 障害物の前方を通過した被験者：5人（29%）

歩行条件別の軌跡の被験者平均を以下に示す(図4.4)。

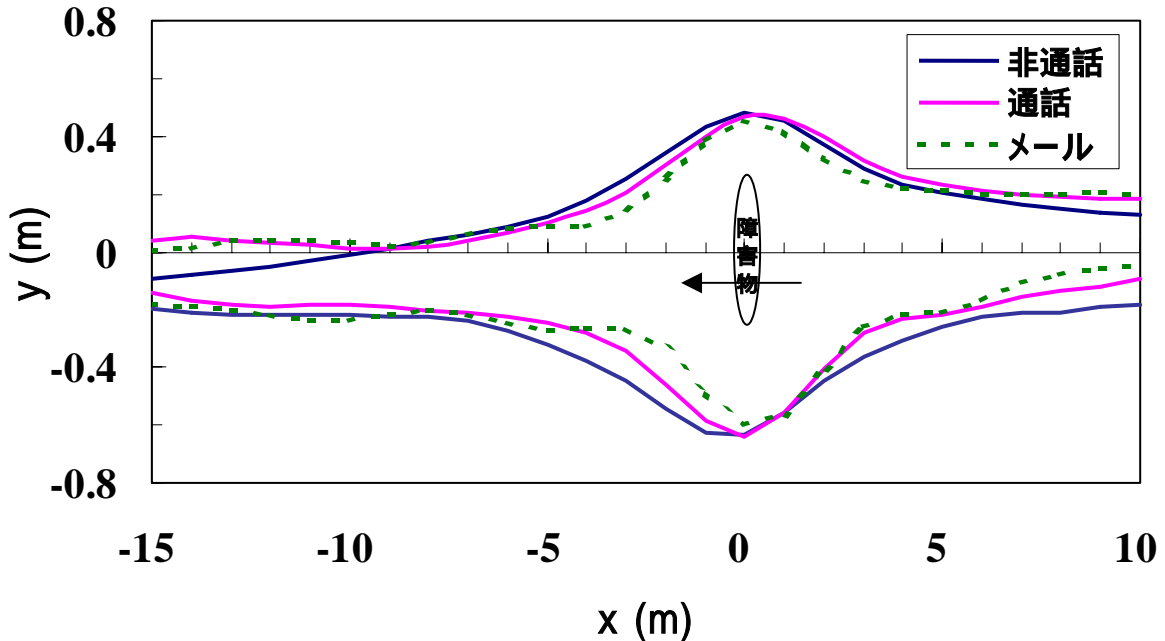


図4.4 平均歩行軌跡

軌跡の違いは、回避行動の遅れに相当する。

進行方向に対して左側(後方)を通過する場合、廊下のほぼ中央を歩いている。

進行方向に対して右側(前方)を通過する場合、少し右側に寄っている。

また、「非通話」「通話」「メール」の順に回避行動が遅れている。

携帯電話使用による注意力低下が対向者の速度および位置判断に影響したと思われる。

次に側方回避距離を表4.1に示す。

表4.1 側方回避距離

	非通話	通話	メール
実験1	0.54	0.54	0.57
実験2	0.64	0.63	0.58
実験2(後)	0.70	0.73	0.69
実験2(前)	0.56	0.57	0.49
実験3	0.61	0.53	0.50
実験3(後)	0.48	0.48	0.48
実験3(前)	0.64	0.65	0.50

「非通話」後方48cmに対して、前方は64cm、その差は16cm。

「通話」後方48cmに対して、前方は65cm、その差は17cm。

「メール」後方48cmに対して、前方は50cm、その差は2cm。

「通話」「非通話」は側方回避距離がほぼ等しい。

第4章 すれ違い時の回避行動に及ぼす影響

「メール」は側方回避距離が小さく、前後の差が小さくなっている。

これは、携帯電話を操作することによる周辺環境認知の低下が原因と思われる。

実験1との比較（後方のみ）

「非通話」実験3では後方48cmに対して実験1では54cm。差は-6cm。

「通話」実験3では後方48cmに対して実験1では54cm。差は-6cm。

「メール」実験3では後方48cmに対して実験1では57cm。差は-9cm。

ここで、障害物の方向の差（7.5cm：45×60 60×45）を考慮すると、

上記の差は、「非通話」は-13.5cm、「通話」は-13.5、「メール」は-16.5cmである。

実験1の結果と比較すると全歩行条件で側方回避距離が小さくなっている。

歩行条件別に見ると「メール」で側方回避距離の減少が大きい。

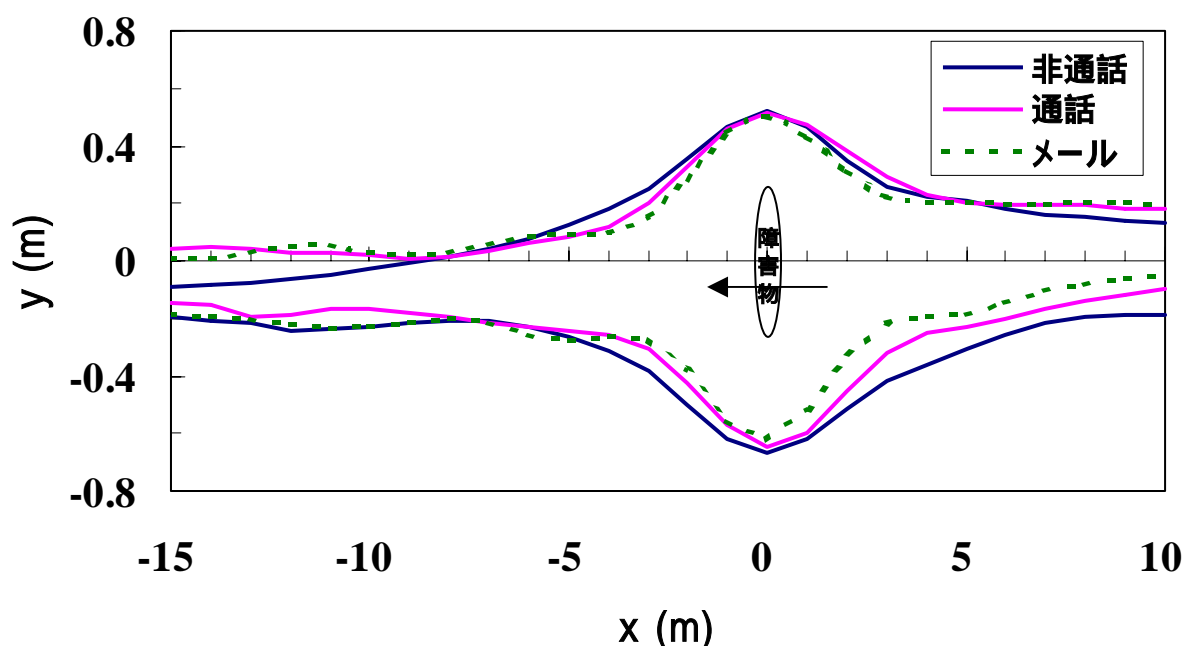


図4.5 平均歩行軌跡（重ね合わせ）

側方回避距離の最大値を重ね合わせた軌跡の平均を図4.5に示す。

後方では、「非通話」52cm、「通話」51cm、「メール」50cm

前方では、「非通話」67cm、「通話」65cm、「メール」62cm

前後とも「非通話」「通話」「メール」の順になっている。

前方と後方の差が出ているのは、実験者が左手に携帯電話を持っていたため、通過速度に違いが生じたことが側方回避距離に影響したと考えられる。

4.5.2 歩行速度

4.5.2.1 進行方向速度 (V_x)

各条件下における進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図 4.6 に示す。

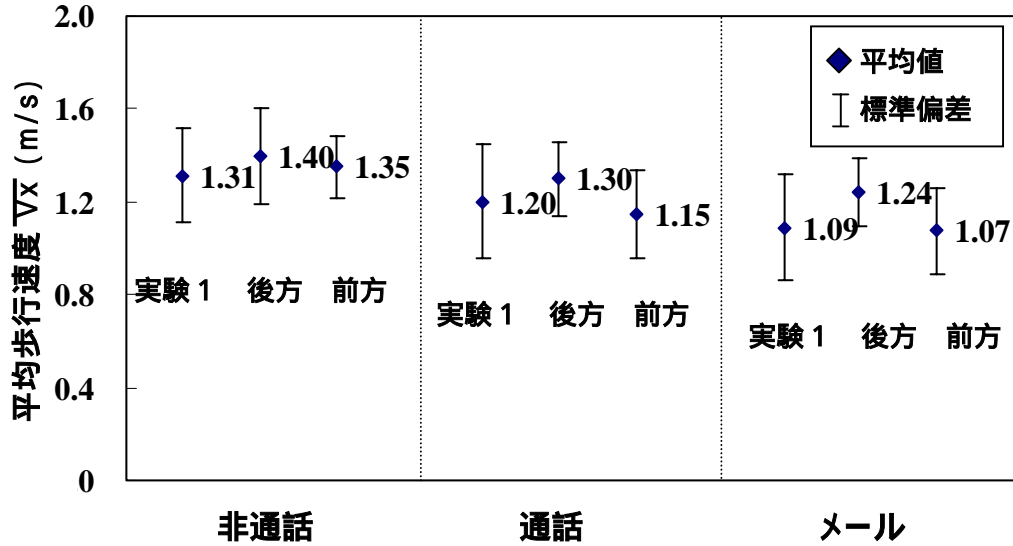


図 4.6 全区間平均歩行速度

静止した障害物の後方を回避する場合（実験 1）と比較して、すれ違い歩行時の歩行速度は大きくなる。また、「非通話」「通話」「メール」の順になっている。

後方を通過する場合

「非通話」「通話」(93%)「メール」(89%)

前方を通過する場合

「非通話」「通話」(85%)「メール」(79%)

歩行条件別に前後の速度を見てみると、障害物の後方を通過する時の速度が大きい。

第4章 すれ違い時の回避行動に及ぼす影響

次に、各被験者の進行方向歩行速度を歩行条件別に以下に示す（図4.7，図4.8，図4.9）。

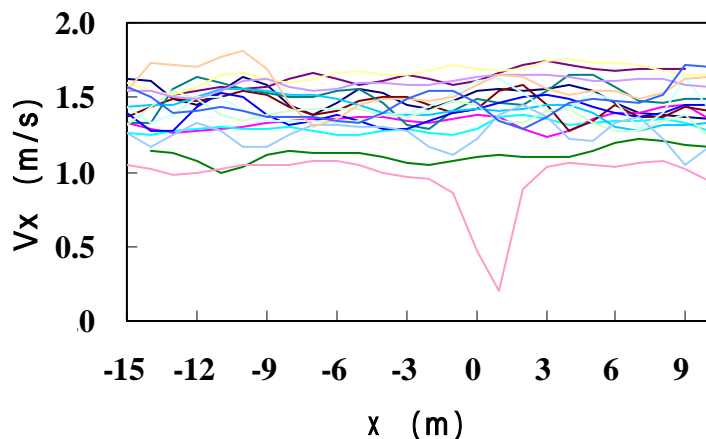


図4.7 進行方向歩行速度 非通話

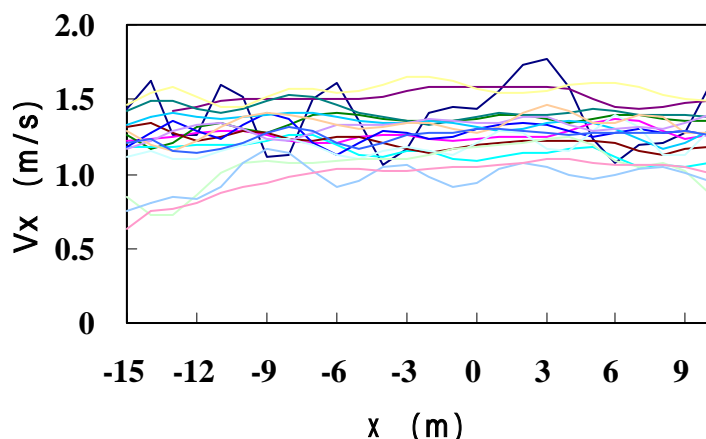


図4.8 進行方向歩行速度 通話

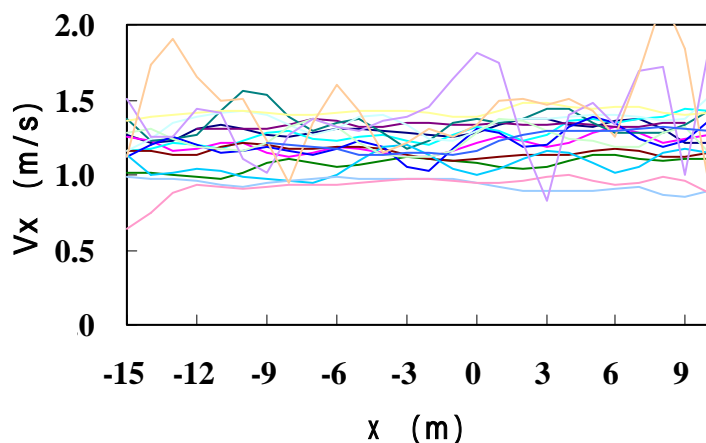
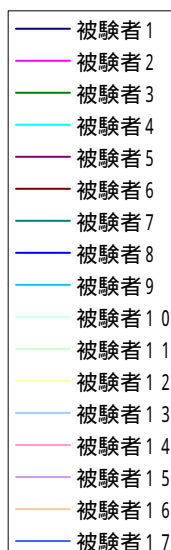
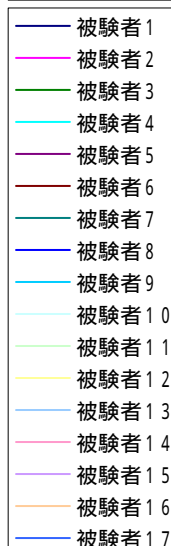
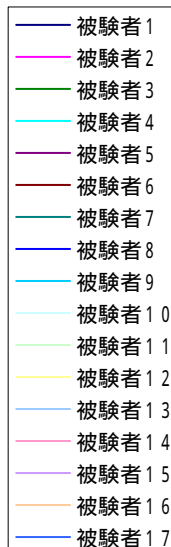


図4.9 進行方向歩行速度 メール



歩行条件別の進行方向歩行速度の被験者平均を以下に示す(図4.10, 4.11)。

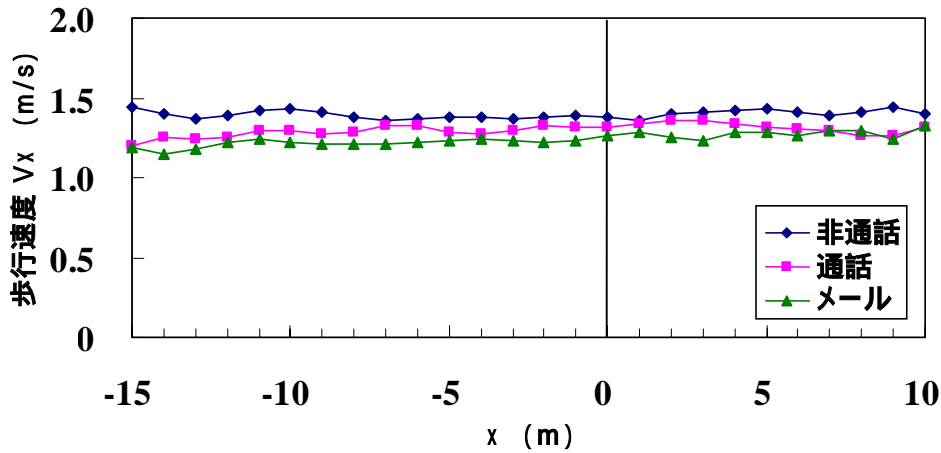


図4.10 進行方向歩行速度(後方)

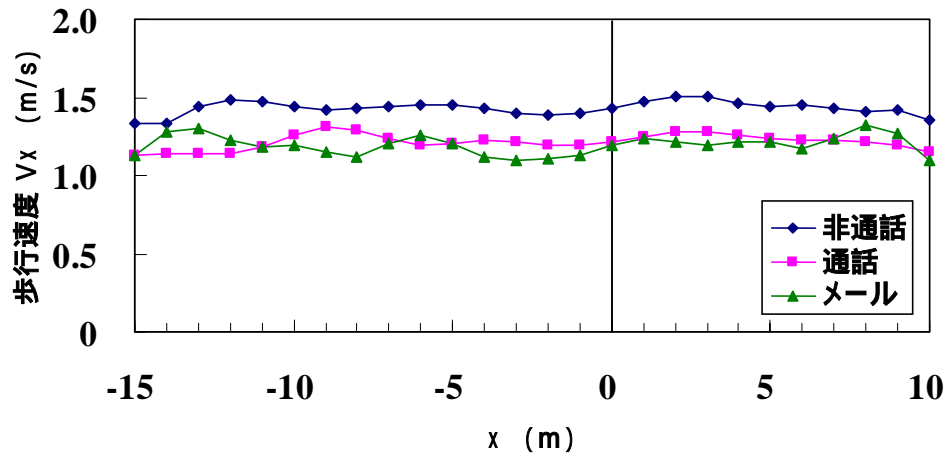


図4.11 進行方向歩行速度(前方)

障害物後方を通過する場合は、全区間を通してほぼ一定であることがわかる。また、歩行条件間の違いが少ない。

通過位置が前方の場合、すれ違う直前で速度低下が見られる。「非通話」に比べて「通話」「メール」の速度が小さい。

4.5.2.2 側方向速度 (V_y)

各被験者の側方向歩行速度(後方)を歩行条件別に以下に示す(図 4.12 ,図 4.13 ,図 4.14)。

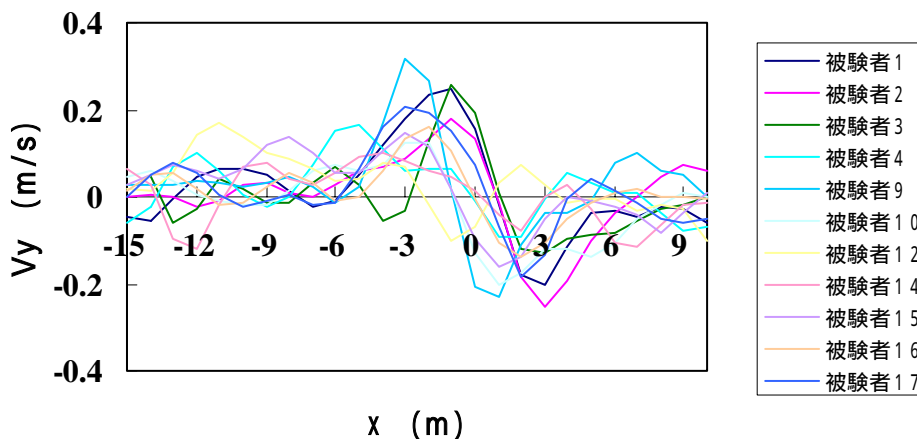


図 4.12 側方向歩行速度 非通話(後方)

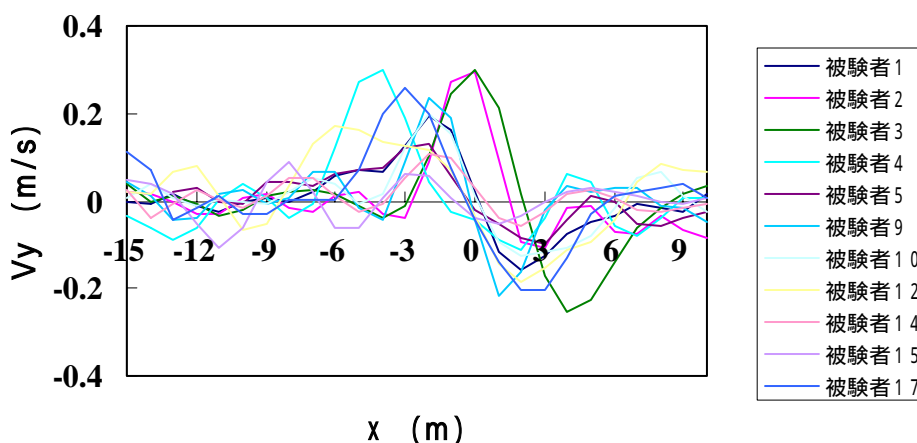


図 4.13 側方向歩行速度 通話(後方)

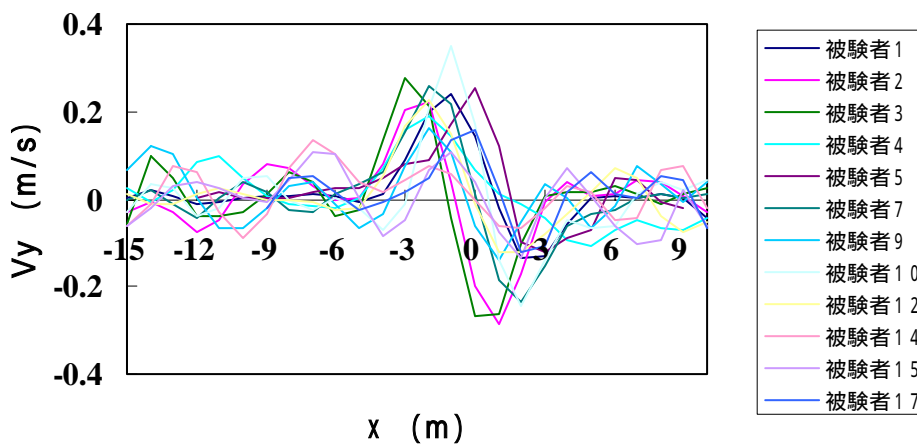


図 4.14 側方向歩行速度 メール(後方)

各被験者の側方向歩行速度(前方)を歩行条件別に以下に示す(図4.15, 図4.16, 図4.17)。

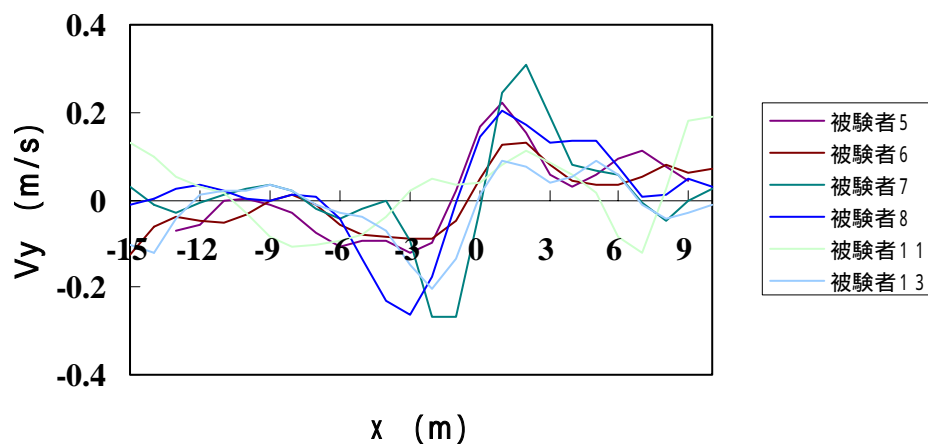


図4.15 側方向歩行速度(前方)

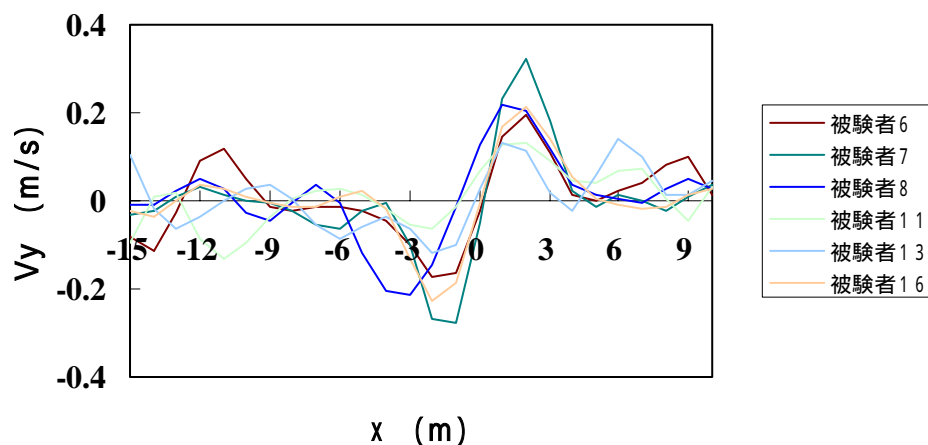


図4.16 側方向歩行速度(前方)

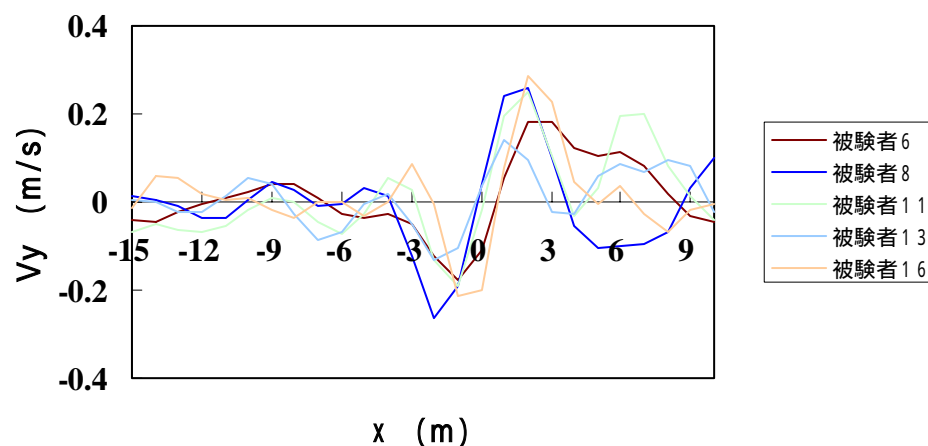


図4.17 側方向歩行速度(前方)

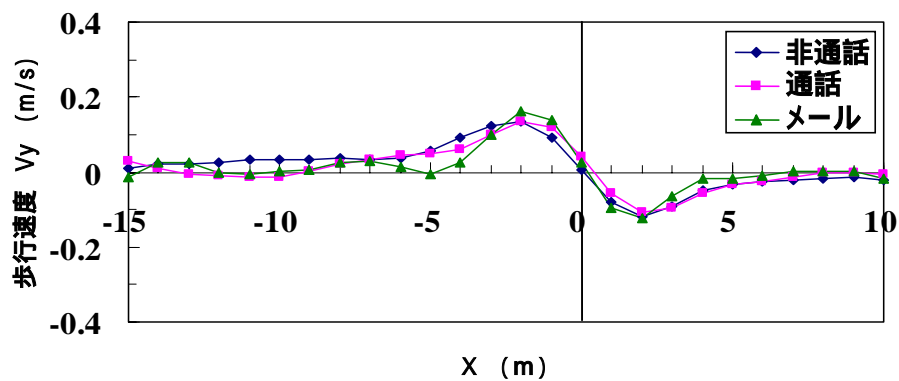


図 4.18 側方向歩行速度（後方）

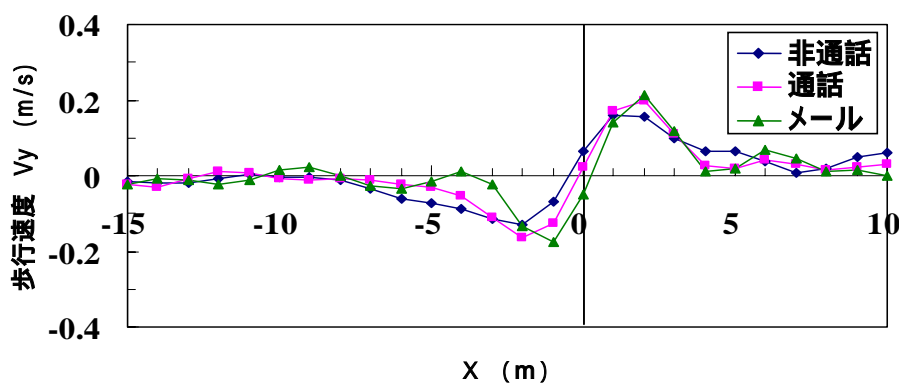


図 4.19 側方向歩行速度（前方）

1m 区間毎の y 方向の歩行速度を前後別に図 4.18、図 4.19 に示す。後方では、「メール」に直前での速度上昇見られる。前方では、「非通話」「通話」「メール」の順に回避行動が遅れている。これは、携帯電話使用によって、障害物との位置関係の認識に「ずれ」が生じたと考えられる。

4.5.2.3 側方向速度・加速度最大地点

次に、障害物に近接する側方向への加速区間において図 2.23 に示すように速度および加速度が最大となる地点を求めた。

速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 4.20 に示す。

後方での速度最大地点と障害物との距離は、「非通話」「通話」(69%)「メール」(59%)の順になっている。同様に前方では、「非通話」「通話」(61%)「メール」(38%)の順になっている。

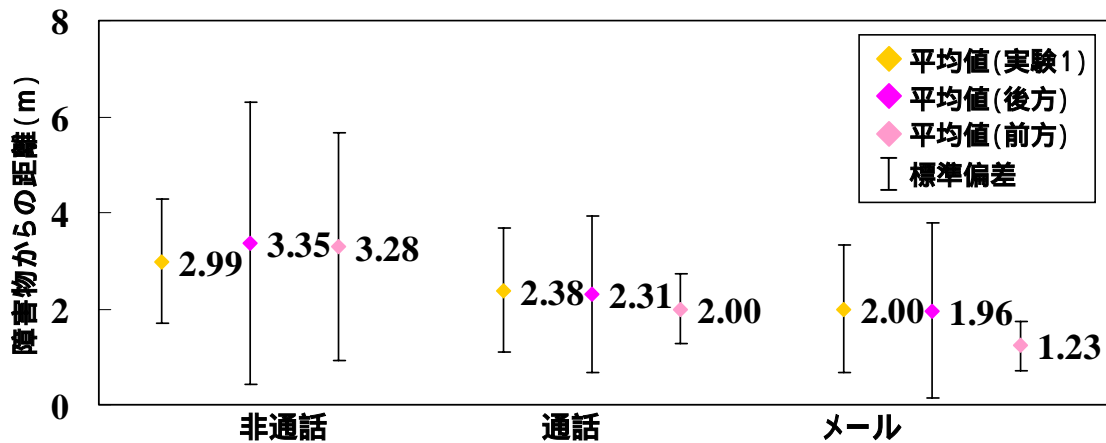


図 4.20 側方向速度最大地点と障害物との距離

実験 1 と比較すると「非通話」では、すれ違い歩行時の距離が大きくなっている。これは、すれ違いの場合相対速度が実験 1 の約 2 倍 (障害物の平均速度 1.20m/s) となっているためである。

また、「通話」「メール」では、すれ違い歩行時において、後方を通過する場合は距離があまり変わらないが、前方を通過する場合には距離が小さくなっている。

歩行条件別に比較すると以下の様になる。

「非通話」

実験 1 (100%) \ 後方 (112%) \ 前方 (110%)

「通話」

実験 1 (100%) \ 後方 (112%) \ 前方 (110%)

次に、加速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図4.21に示す。

後方での加速度最大地点と障害物との距離は、「非通話」「通話」「メール」(80%)「メール」(60%)の順になっている。前方では、「非通話」「通話」「メール」(57%)「メール」(41%)の順になっている。これは携帯電話使用による回避行動の遅れを示唆している。

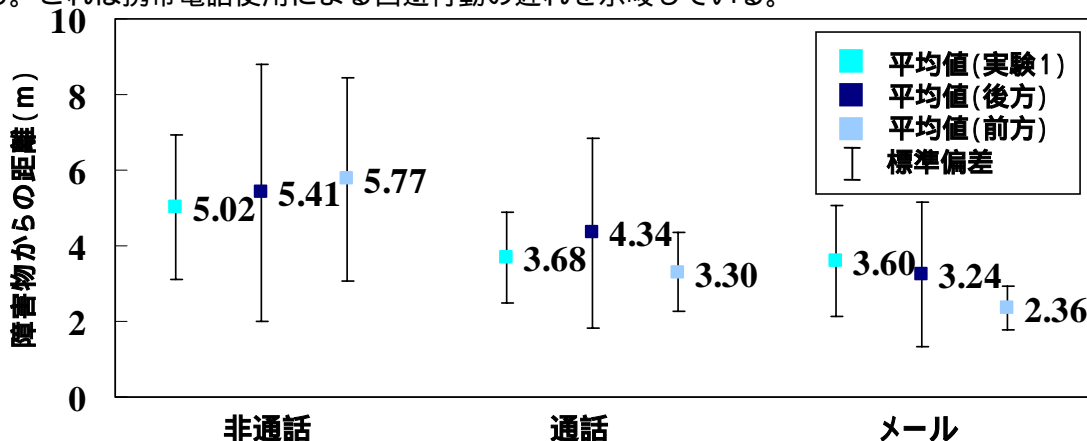


図4.21 側方向加速度最大地点と障害物との距離

実験1と比較してみると「非通話」では、すれ違い歩行時の距離が大きくなっている。

また、「通話」では、後方で距離が大きく、前方では小さくなっている。

「メール」では、すれ違い歩行時の方が距離が小さくなっている。

このことから「非通話」「通話」では回避行動を始めるのが早くなっていることが分かる。

「メール」では、回避行動が遅れている。

歩行条件別に比較すると以下ようになる。

「非通話」

実験1 (100%) \ 後方 (109%) \ 前方 (116%)

「通話」

実験1 (100%) \ 後方 (118%) \ 前方 (90%)

「メール」

実験1 (100%) \ 後方 (90%) \ 前方 (66%)

「非通話」では前方を通過する場合の距離が大きく、

「通話」「メール」では後方を通過する場合の距離が大きい。

実験者が左手に携帯電話を持っていたため、通過速度に違いが生じたと考えられる。

4.5.2.4 判別分析

1m ごとに、y 座標、V_x (進行方向歩行速度)、V_y (側方向歩行速度) を説明変数として判別分析を行った結果と誤判別の割合を次の表 4.2 に示す。F 値 2 以上の説明変数が有効である。

表 4.2 判別分析結果

非通話	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
y F値	0.12	0.43	0.90	0.99	1.42	1.20	3.06	2.42	2.08	0.09	0.07	4.88	4.69	4.84	5.79
V _x F値	0.05	0.41	1.79	6.16	5.24	2.80	1.56	1.41	1.27	0.12	0.01	0.51	0.83	0.71	0.38
V _y F値	2.08	1.52	0.23	2.76	4.92	4.67	0.10	1.88	0.21	9.68	7.73	0.00	0.05	0.14	0.59
誤判別の割合 (%)	33	38	29	29	18	18	24	29	35	12	18	24	24	24	24

通話	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
y F値	4.80	3.71	3.29	2.78	1.38	1.45	4.51	4.11	1.89	1.87	2.51	7.15	7.41	3.01	0.71
V _x F値	0.24	0.14	0.90	0.65	0.14	0.38	8.89	6.48	0.12	0.10	1.12	4.87	5.89	1.72	0.48
V _y F値	0.13	1.32	0.54	1.77	2.33	0.00	0.83	0.39	0.03	0.05	0.40	0.40	2.07	0.03	4.20
誤判別の割合 (%)	25	31	29	29	18	47	18	24	35	47	41	24	35	41	41

メール	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1
y F値	0.16	0.07	0.18	0.45	0.66	0.03	0.80	0.88	0.03	0.18	2.43	3.29	3.29	4.36	4.33
V _x F値	0.33	0.03	0.46	0.47	0.17	0.85	0.40	0.54	0.15	0.08	0.15	0.05	0.05	0.04	0.01
V _y F値	1.67	0.40	2.58	1.30	0.21	0.14	0.00	0.76	2.89	2.76	0.16	0.44	0.44	0.11	0.41
誤判別の割合 (%)	33	40	20	38	44	35	41	41	41	41	35	35	41	35	29

「非通話」では、障害物前方 4m 地点から y 座標が説明変数として有効である。また、障害物前方 5m から 6m 地点で V_y が有効であることから、加速度が最大となる障害物前方 5.41m (後方) 5.77m (前方) において回避行動を始めていることが確認された。

「通話」では、障害物前方 5m 地点から y 座標が説明変数として有効であることが分かる。障害物前方 4m 地点で V_x が説明変数として有効であり、3m 地点では V_x、V_y が有効であることから、「通話」では、x 方向の速度調整をして進路変更をしていることが分かる。

「メール」では、障害物前方 5m 地点から y 座標が有効である。加速度が最大となる地点は障害物前方 3.24m (後方) 3.50m (前方) であり、この結果と対応している。

これらの結果から、加速度最大地点と障害物との距離から明らかになった回避行動開始の判定点とほぼ一致していることが分かった。

4.6 まとめ

携帯電話使用時に対向者とのすれ違い時の回避行動に及ぼす影響として以下のことが確認された。

(1) 歩行軌跡は障害物が静止している場合(実験1)に比べてピーク位置がずれている。すれ違い歩行の場合、相対速度があり、側方回避距離の最大値が前後にずれると考えられる。すなわち、実験1に比べ相対速度が約2倍となっており、障害物との接近の速度が大きいため、歩行者の判断の遅れが回避行動に著しく影響を与えていると考えられる。

(2) 「非通話」「通話」では、最大値がマイナス側にずれる人が多い。「メール」では、プラス側にずれる人が多く、回避行動の遅れが著しい。

携帯電話使用による注意力低下が対向者の速度および位置判断に影響したと思われる。

(3) 進行方向に対して左側(後方)を通過する場合、廊下のほぼ中央を歩いている。進行方向に対して右側(前方)を通過する場合、少し右側に寄っている。遠くから対向者を意識して右側を歩いている場合には、右側を選択することになる。

(4) 側方回避距離は、実験1と比較すると、全歩行条件で小さくなっている。なかでも「メール」で側方向回避距離の減少が大きい。障害物の向き(7.5cm)を考慮すると、「非通話」「通話」で-13.5cm、「メール」で-16.5cmの差がある。このことは、すれ違いの場合相対速度が2倍あるので、すれ違いが一瞬で終わり、実験1の場合(静止)のように大きな回避距離をとらずに歩行していると考えられる。

(5) 側方回避距離の最大値の前方と後方との差は、「非通話」15cm、「通話」14cm、「メール」12cmといずれも前方の方が大きい。実験者が左手に携帯電話を持っていたためであると推定している。

(6) 進行方向速度は、静止した障害物の後方を回避する場合(実験1)と比較して、すれ違い歩行時の歩行速度は大きくなる。また、「非通話」「通話」「メール」の順になっている。歩行条件別に前後の速度を見てみると、障害物後方を通過するときの速度が大きい。このことは、側方回避距離の大きさが前方のほうが大きいことと対応し、速度が大きいほど側方回避距離も小さくすれ違っている。従って、「通話」「メール」などで歩行速度が低下すると、すれ違いの回避距離も大きくなる。

(7) 前方では、「非通話」「通話」「メール」の順に回避行動が遅れている。携帯電話使用によって、障害物との位置関係の認識に「ずれ」が生じたと考えられる。

(8) 加速度最大地点と障害物との距離は実験1と比較すると、すれ違い歩行時の距離が大きくなっている。相対速度が約2倍で接近しているためだと考えられる。

(9) 通過位置の前後を予測するために判別分析を行った結果、

「非通話」では、障害物前方4m地点からy座標が説明変数として有効である。

「通話」では、障害物前方5m地点からy座標が説明変数として有効である。

「通話」では、 x 方向の速度調整をして進路変更をしていることが分かる。

「メール」では、障害物前方 5m 地点から y 座標が有効である。

これらの結果は、加速度最大地点と障害物との距離から明らかになった回避行動開始の判定点とほぼ一致していることが分かった。

4.7 今後の課題

被験者によって歩行速度が違い、すれ違う地点の統制が必要になると思われる。

今回は障害物となる実験者が左手に携帯電話を持っていた。右手に携帯電話を持っている場合の検討が必要である。

被験者の人数を増やして、より多くのデータを採取することが望ましい。

第5章 総括

5.1 まとめ

本研究では、携帯電話使用が歩行回避行動に及ぼす影響について、静止した障害物に対する回避行動、直前で動きがある障害物に対する回避行動、動いている障害物に対する回避行動について、建築内部廊下に歩行コースを設け、歩行実験を行い、レーザレンジスキャナによる被験者の歩行測定データを採取し解析した。

第1章は序章であり、研究の背景と目的を述べ、現在の携帯電話使用の動向ならびに既往研究について述べた。

第2章では、静止している障害物に対する回避行動に及ぼす影響についての歩行実験を行った結果、次の知見を得た。

(1) 携帯電話使用は、進行方向の歩行速度の低下を招くとともに前方の障害物に対する回避行動の遅れを生じさせる。

「通話」の歩行速度は「非通話」の91%に低下しており、

「メール」は歩行速度は「非通話」の83%に低下している。

この回避行動の遅れは、音声の聴取・発生・画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

(2) 前方を十分に確認しながら歩行できる「非通話」に対し、「通話」・「メール」で障害物付近で側方向の歩行速度調整をしている。

(3) 速度最大地点と障害物との距離は、「非通話」「通話」(80%)「メール」(67%)の順となっている。また、加速度最大地点は、「非通話」と比べて「通話」(73%)「メール」(72%)の場合に距離が小さくなる。

第3章では、直前で動き出す障害物に対する回避行動に及ぼす影響についての歩行実験を行った結果、次の知見を得た。

(1) 歩行軌跡としては、「通話」に障害物前方を通過する被験者の数が多い。

(2) 「非通話」「通話」に比べ、「メール」に回避行動の遅れが見られる。携帯電話使用による画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

(3) 進行方向速度は、後方を通過する場合、「非通話」と比較して「通話」(86%)「メール」(87%)で速度が低下している。前方を通過する場合、「非通話」「通話」(88%)「メール」(86%)の順で速度が低下している。障害物の前後で比較すると「非通話」「通話」では、前方を通過する際の速度が速く、「メール」では後方を通過する際の速度が速い。

(4) 側方向速度は、前方を通過する「メール」では、「非通話」「通話」と比べて、障害物付近で側方向の歩行速度調整をしている。

(5) 通過位置の前後を予測するために、判別分析を行った結果、説明変数として V_y と y

第5章 総括

座標が有効である。特に「通話」では、 V_y の影響が大きい。

第4章では、すれ違い歩行時の障害物に対する回避行動に及ぼす影響についての歩行実験を行った結果、次の知見を得た。

- (1) 歩行軌跡は障害物が静止している場合（実験1）に比べてピーク位置がずれている。すれ違い歩行の場合、相対速度があり、側方回避距離の最大値が前後にずれると考えられる。すなわち、実験1に比べ相対速度が約2倍となっており、障害物との接近の速度が大きいので、歩行者の判断の遅れが回避行動に著しく影響を与えていると考えられる。
- (2) 進行方向に対して左側（後方）を通過する場合、廊下のほぼ中央を歩いている。進行方向に対して右側（前方）を通過する場合、少し右側に寄っている。遠くから対向者を意識して右側を歩いている場合には、右側を選択することになる。
- (3) 側方回避距離は、実験1と比較すると、全歩行条件で小さくなっている。なかでも「メール」で側方向回避距離の減少が大きい。すれ違いの場合相対速度が2倍あるので、すれ違いが一瞬で終わり、実験1の場合（静止）のように大きな回避距離をとらずに歩行していると考えられる。
- (4) 側方回避距離の最大値の前方と後方との差は、いずれも前方の方が大きい。実験者が左手に携帯電話を持っていたためであると推定している。
- (5) 進行方向速度は、静止した障害物の後方を回避する場合（実験1）と比較して、すれ違い歩行時の歩行速度は大きくなる。歩行条件別に前後の速度を見てみると、障害物後方を通過するときの速度が大きい。このことは、側方回避距離の大きさが前方のほうが大きいことと対応し、速度が大きいほど側方回避距離も小さくすれ違っている。従って、「通話」「メール」などで歩行速度が低下すると、すれ違いの回避距離も大きくなる。
- (6) 通過位置の前後を予測するために判別分析を行った結果、
 - 「非通話」では、障害物前方4m地点からy座標が説明変数として有効である。
 - 「通話」では、障害物前方5m地点からy座標が説明変数として有効である。
 - 「通話」では、x方向の速度調整をして進路変更をしていることが分かる。
 - 「メール」では、障害物前方5m地点からy座標が有効である。これらの結果は、加速度最大地点と障害物との距離から明らかになった回避行動開始の判定点とほぼ一致していることが分かった。

以上のように、群集流動シミュレーションを開発する上でこれまで不足してきた携帯電話使用が歩行回避行動に及ぼす影響についての基礎的な実験結果が得られた。

5.2 今後の課題

まず、静止した障害物に対する回避行動の実験を行い、次に直前で動き出す障害物に対する回避行動の実験、最後にすれ違い歩行時の回避行動に対する実験を行ったが、実際の歩行状況を考えると、対向者が歩行しているなど複雑な要因があるので、他の歩行者との衝突や通行妨害につながる可能性がある。

今回は障害物前方 3m 地点だけの限られた条件で実験を行ったが、障害物からの距離によって通過位置の前後が変化することが予想されるので、条件を変えて実験をする必要がある。

被験者によって歩行速度が違い、すれ違う地点の統制が必要になると思われる。

今回は障害物となる実験者が左手に携帯電話を持っていた。右手に携帯電話を持っている場合の検討が必要である。

障害物通過位置の前後・障害物の向き・空間特性の違いも考慮することが必要である。

繰り返しによる影響も出ていると考えられるため、被験者の人数を増やして、より多くのデータを採取することが望ましい。

【参考文献】

- [1] 日本はメールの超先進国，フジサンケイビジネスアイ，博報堂生活総合研究所（所長 林光），2004
- [2] 携帯電話ユーザーの意識と行動，日本経済新聞，日経産業消費研究所調査報告，2001，
- [3] 建部謙治，中島一： 静止した障害物に対する単独歩行者の回避行動，歩行者の回避行動に関する研究（ ），日本建築学会計画系論文集，第 418 号,pp51-57,（1990）
- [4] 建部謙治，辻本誠，志田弘二： 回避行動開始点の判定と前方回避距離，歩行者の回避行動に関する研究（ ），日本建築学会計画系論文集，第 465 号,pp95-104,（1994）
- [5] 辻本誠，志田弘二，建部謙治： 歩行解析への画像処理技術の応用に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第 436 号,pp41-47,（1990）
- [6] 安部貴浩，吉崎圭介，小林茂雄： 夜間路上他者に対する歩行者の回避行動に関する研究，その1 昼夜による回避行動の比較，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp769-770,（2001）
- [7] 吉崎圭介，安部貴浩，小林茂雄： 夜間路上他者に対する歩行者の回避行動に関する研究，その2 他者に対する歩行者の心理と街路の照度分布の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp771-772,（2001）
- [8] 朝田伸剛，大佛俊泰： 歩行空間における歩行者と自転車の回避行動，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp1059-1060,（2000）
- [9] 朝田伸剛，大佛俊泰： 歩行者の回避行動シミュレーションモデル，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp773-774,（2001）
- [10] 吉沢進，高柳英明，木村謙，渡辺仁史： 都市における携帯電話使用者の行動特性に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.775-776,（2001）
- [11] 葛島知佳，高柳英明，木村謙，山口有次，渡辺仁史： 携帯電話が変化させる空間に関する研究，待ち合わせ行動について，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp1049-1050,（2000）
- [12] 唐木千尋： 携帯電話通話行為が環境認知に及ぼす影響について，視聴覚情報・自己発生の認知に関する検討，東京大学新領域創成科学研究科 修士論文，（2001）
- [13] 中村和夫，吉岡松太郎： 群集対向流動の解析，日本建築学会論文報告集，第 289 号，pp119-129,（1980）
- [14] 岡崎甚幸，： 建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究，その1 磁気モデルの応用による歩行モデル，日本建築学会論文報告集 第 283 号，pp111-117,（1979）
- [15] 大佛俊泰，佐藤航，： 心理的ストレス概念に基づく歩行行動のモデル化，日本建築学会計画系論文集，第 573 号,pp41-48,（1990）
- [16] 佐野友紀，渡辺仁史： 空間 - 時間系モデルを用いた群集歩行軌跡の可視化，日本建築学会計画系論文集，第 479 号,pp125-129,（1996）

- [17] 間下典大, 高柳英明, 木村謙, 林田和人, 渡辺仁史: 歩行者のグループ属性が歩行者行動に与える影響に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp1077-1078, (2000)
- [18] 森田敦, 建部謙治: 映像立体視プロジェクションシステムを用いた歩行者の回避行動に関する研究, 実験方法の有効性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp1057-1058, (2000)
- [19] 小塚滋久, 中祐一郎, 小林健二: 交錯する歩行者の衝突回避行動に関する観測と解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp5282-5283, (1988)
- [20] 松本輝紀, 大井尚行: 歩行時の他者の知覚に関する研究, 回避行動に必要な環境情報の「図と地」による表現, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp833-834, (1988)
- [21] 携帯電話の使用が運転行動に及ぼす影響に関する調査研究, 自動車安全運転センター, (2000)
- [22] 携帯電話ユーザーの意識と行動, 日本経済新聞社, 日経産業消費研究所, (2001)
- [23] 平野孝之, 大森宣暁, 原田昇: 携帯電話の利用が待ち合わせ行動に与える影響, 土木計画学研究・講演集 29, (2004)
- [24] 森聖太, 溝端倫子, 平山洋介, : 携帯電話の時空間, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.291-292, (2001)
- [25] 宮崎恵子, 松倉洋史, : 車いす利用者と歩行者との避難行動に関する研究, 群集流による車いす利用者追い越しモデルとシミュレーション, 日本建築学会 空間研究小委員会 第 55 回 空間研究会, pp5-10, (2004)
- [26] 中村克行, 趙卉菁, 柴崎亮介, 坂本圭司, 大鋸朋生, 鈴川尚毅: マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出, 第 10 回画像センシングシンポジウム/SSII, (2004)
- [27] 戸田忠秀, 田中哮義, : 衝突回避行動を考慮した歩行シミュレーションモデルに関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 ,pp697-698, (2002)
- [28] 中祐一郎: 交差流動の構造, 鉄道駅における交錯流動に関する研究(), 日本建築学会論文報告集, 第 258 号, pp93-102, (1977)
- [29] 矢守克也, 杉万俊夫: 横断歩道における群集流の巨視的行動パターンの計量に関する研究, コンピュータグラフィックスによる計量, 社会心理学研究, 第 7 巻第 2 号, pp102-111, (1992)
- [30] J.J.Fruin: 歩行者の空間, pp45-58, 鹿島出版社, 東京, (1974)
- [31] 柳沢豊, 赤埴 淳一, 佐藤 哲司, 小暮 潔, : 図形的関係記述に基づく移動軌跡データ検索システム, 電子情報通信学会第 14 回データ工学ワークショップ 2003 (DEWS2003)講演論文集, 4P-3 (2003)

謝辞

本当に多くの方のご指導ならびに御協力により、修士論文を完成させることができました。以下の方々に心より感謝します。

指導教官として 2 年間大変お世話になった佐久間哲哉助教授 研究を進める上で、多くの御指導ならびにアドバイスをいただきまして、心より感謝申し上げます。研究室での 2 年間は、私の人生において貴重な経験になりました。

環境系の先生方、鎌田元康教授、坂本雄三教授、平手小太郎助教授、宗方淳助手 環境系ゼミでは、多くの助言を頂き、感謝致します。

柴崎亮介教授、趙卉菁助教授の各先生方 レーザ計測実験に関して、実験機材の使用を含め大変お世話になりました。ここに御礼申し上げます。

柴崎研究室博士課程の中村克行氏 二年間、実験から分析まで研究の全てにわたりアドバイスいただきましたことを、心から感謝しております。

共同研究者として多大な協力を頂いた卒論生の涉孝良氏 実験では大変お世話になりました。卒業後も実験に協力していただいたことを感謝しております。

佐野奈緒子氏 研究の組み立てや分析、相談など、いつも励ましの言葉をいただきました。本当にありがとうございました。

佐久間研究室の先輩、小坂慶之氏、西沢啓子氏 ゼミでのアドバイスや、院生室での生活における相談や励ましなど、大変助けられました。感謝しております。

研究室同期の武田真樹氏、高部茂生氏、高村紀行氏 厳しい環境で共に過ごせたことは良い思い出になりました。本当にありがとうございました。

環境系院生の方々 実験を手伝ってくれた荒畑暢宏氏、飯島直樹氏をはじめ、皆さんのおかげで充実した院生生活になりました。どうもありがとうございました。

最後に、忙しい中、実験で被験者を快く引き受けてくださった方々 この研究が実施できたのは、みなさんの協力のお陰です。厚く御礼申し上げます。

2005 年 1 月 31 日

松永 文彦

資料編

1. 梗概
2. 学会発表
3. 実験に関するアンケート用紙
4. 実験に関するアンケート結果
5. 個人データ
 - 実験1 静止した障害物に対する回避行動
障害物無し
 - 実験2 直前で動き出す障害物に対する回避行動
 - 実験3 すれ違い歩行時の回避行動
6. マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出システム

携帯電話使用が歩行回避行動に及ぼす影響

Study on the effect of the use of cellular phone on walking avoidance behavior

学籍番号 36743
 氏名 松永 文彦 (Matsunaga, Fumihiko)
 指導教官 佐久間 哲哉 助教授

1. 研究の背景・目的

今日、街路空間での携帯電話使用が日常的になってきているが、歩行中の使用は周囲への注意力低下を招き、他者との衝突や通行を妨害する原因となるなど、歩行行動に少なからず影響を与えていると考えられる。公共の場における歩行空間計画には、個人の行動を基本とした群集流動を予測できることが重要となるが、群集流動シミュレーションにおける歩行者モデルのパラメーターは実測に基づいた値が少ない。また、歩行行動に関する既往研究では、路上人物などの障害物に対する回避行動について、回避の開始点と障害物の距離との関係性が検討されてきているが[1]、携帯電話使用時の歩行行動に関するものは少ない。本研究では歩行中の携帯電話での通話やメール作成行為が回避行動に及ぼす影響について、歩行軌跡・歩行速度による比較を通して検討する。

2. 実験概要

2.1 実験方法 建物内部の廊下に図 1 に示すような計測区間を含む歩行ルートを設定し被験者実験を行った。歩行条件は「非通話」「通話」「メール」の 3 条件、歩行パターンは表 1 に示すような 6 パターンである。

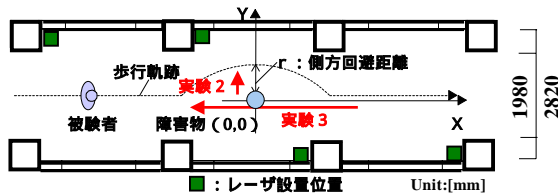


図 1 計測区間平面

表 1 歩行パターン

パターン	A	B	C	D	E	F
歩行順 1	非通話	非通話	通話	通話	メール	メール
歩行順 2	通話	メール	非通話	メール	非通話	通話
歩行順 3	メール	通話	メール	非通話	通話	非通話

計測区間内の廊下中央で被験者が障害物

(人)を通過する際の歩行行動についてビデオ録画を行うとともに、床に設置した 4 台のレーザセンサ(SICK LMS200)で被験者の両足位置を同期計測する(サンプリング周波数 20Hz)[2]。計測区間は、障害物を通過する地点の前方 15m から後方 10m までとする。

2.2 実験構成 実験は以下の 3 種類行った(表 2)。実験 1 では、静止した障害物に対する反応の違いおよび回避行動の遅れについて検討、確認した。その上で実験 2,3 では、瞬時の動きに対する判断、すれ違い時の回避行動への影響を検討した。実験の統制条件を表 2 に示す。被験者は 20 代男女とした。

表 2 実験の統制条件

	障害物	被験者	
実験 1	有り/無し (進行方向に対して右向きに静止)		11名
実験 2	静止 1歩後退 (被験者が3m地点に来たら動き出す)		17名
実験 3	すれ違い (障害物は左手で携帯電話使用)		17名

3. 分析方法

レーザ計測で求められた歩行時の重心位置の軌跡を歩行軌跡とし、ビデオ映像から被験者のものと確認できた軌跡を分析対象とする。一般に、歩行軌跡は細かい振動成分を含んでいることから、2 足歩行特有の左右の揺れ(約 1 秒周期)を取り除くために 1 秒間の移動平均処理を行う。また、図 1 に示すように x, y 座標系の原点を障害物の設置位置(実験 3 では障害物とすれ違う地点)にとり、廊下に平行な軸を x 軸(進行方向側を正)、直交する軸を y 軸(進行方向の左手側を正)とする。以下では歩行軌跡と y 軸との交点の値を側方回避距離と呼ぶこととする。

4. 結果・考察

各実験で障害物を回避する方向が異なっていた。歩行条件別に被験者数を表 3 に示す。

表 3 被験者の回避方向

		非通話	通話	メール
実験 1	後方	11	11	11
	前方	0	0	0
実験 2	後方	8	6	9
	前方	9	11	8
実験 3	後方	11	6	5
	前方	6	11	12

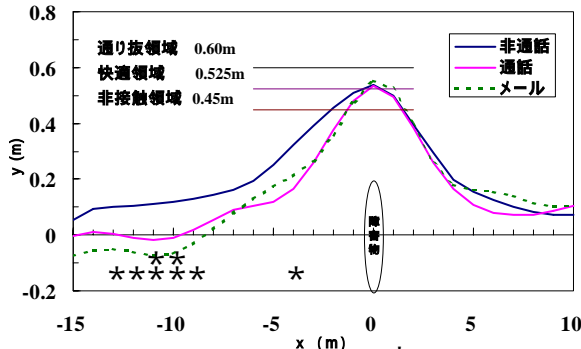


図2 平均歩行軌跡（障害物有り） * 1%有意 ** 5%有意

4.1 実験1 静止した障害物の回避

4.1.1 歩行軌跡 歩行条件別の軌跡の被験者平均および1m毎に歩行条件と被験者を要因として行った分散分析結果を図2に示す。「非通話」と比較すると、「通話」「メール」に前方の障害物に対する回避行動の遅れが見られる。個々の被験者の軌跡では「メール」に障害物直前で回避行動を開始した軌跡が比較的多く見られた。また、分散分析の結果、障害物前方10m付近で各歩行条件間に有意差が見られた。この回避行動の遅れは、携帯電話使用による音声の聴取・発声・画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

一方、側方回避距離は3条件とも快適領域[3]を超えており、殆ど差が見られない。また、障害物通過直後の軌跡についても3条件の違いは少ない。これには、廊下幅の制約がある程度影響しているものと思われる。

4.1.2 歩行速度

1) 進行方向速度 (V_x) 各条件下における進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図3に示す。歩行条件と被験者を要因とした分散分析の結果、障害物の有無によらず各歩行条件間に有意差が見られた。平均歩行速度は障害物が無い場合、「通話」の方が遅く、障害物がある場合、「非通話」「通話」(非通話の89%)「メール」(83%)の順に遅くなっている。図4は1m区間毎の歩行速度を示しているが、図3の結果と対応し、障害物の前後に関わらず全区間でほぼ一定である。

2) 側方向速度 (V_y) 1m区間毎のy方向の歩行速度を図5に示す。「非通話」は徐々に速度を上げて回避行動をしているのに対して、「通話」「メール」は障害物前方4m以内で急な速度上昇が見られる。これは障害物直前で大きく方向転換したことに相当する。次に、障害物に近接する側方向への加速区間において図6に示

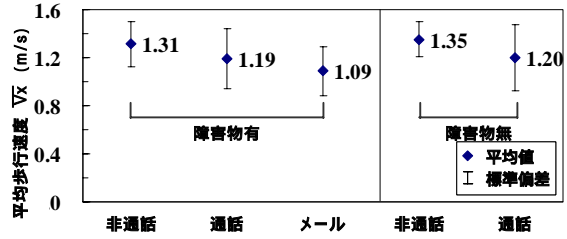


図3 全区間平均歩行速度

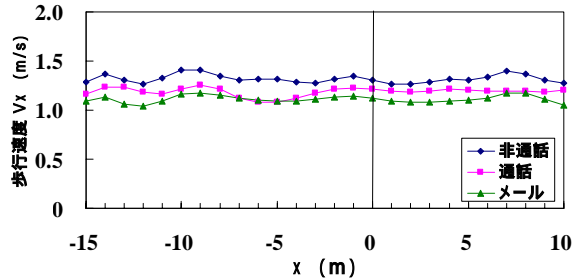


図4 進行方向歩行速度（障害物有り）

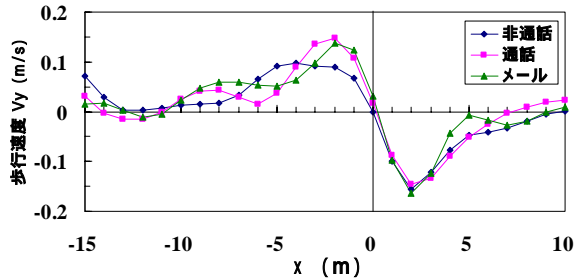


図5 側方向歩行速度（障害物有り）

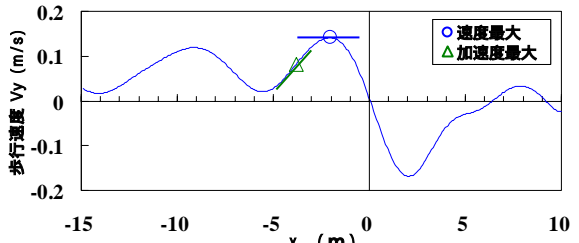


図6 側方向速度・加速度が最大となる地点（メール）

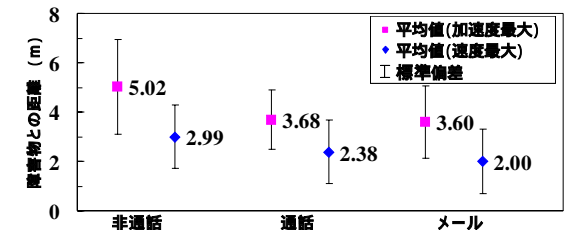


図7 側方向速度・加速度最大地点と障害物との距離

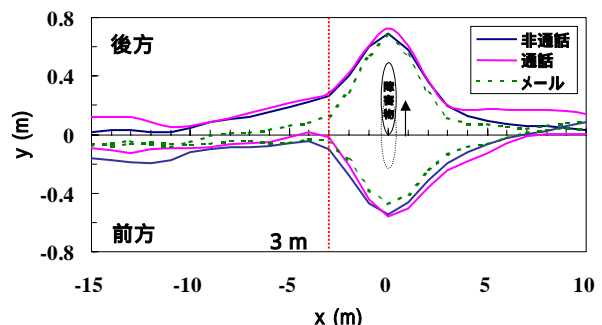


図8 平均歩行軌跡（1歩後退）

すように速度および加速度が最大となる地点を求めた。速度最大地点および加速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図7に示す。速度最大地点は「非通話」「通話」(80%)「メール」(67%)の順に距離が小さくなる。加速度最大地点は「非通話」と比べて「通話」(73%)「メール」(72%)の場合に距離が小さい。

上記の結果から携帯電話使用時は、回避行動が遅れることが定量的に示された。

4.2 実験2 直前で動く障害物の回避

4.2.1 歩行軌跡 歩行条件別の軌跡の被験者平均を前方・後方別に図8に示す。障害物後方を通過した被験者の「メール」に回避行動の遅れが見られる。これは携帯電話の操作に集中したことによる判断の遅れであると考えられる。

4.2.2 歩行速度

1) 進行方向速度 (V_x) 進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図9に示す。前方回避・後方回避によらず「非通話」に比べ「通話」(前方88%,後方86%)「メール」(前方86%,後方87%)で小さくなっている。1m区間毎の歩行速度は全区間でほぼ一定であった。

2) 側方向速度 (V_y) 速度は歩行条件間および前後で差が見られない。一例として1m区間毎のy方向の歩行速度を図10に示す。

4.2.3 判別分析(回避方向による分類)

判別分析は多変量解析の一つであり、ある観測対象が所属するグループを予測するための手法である。ここでは通過位置の前後を目的変数とし、3m地点のy座標、 V_y を説明変数として判別分析を行った結果を図11に示す。直線の傾きが大きいほど V_y の影響を受けており、「非通話」と比較して「通話」で V_y の影響が大きいことが分かる。このことは、障害物の後方側を歩行していても、側方向のふらつきによって惰性で前方を通過してしまうということを示唆している。被験者個々の軌跡(図12)を見ても3m地点から進路変更した被験者が多く見られ、判別分析の結果と対応している。以上の結果より「通話」の直前での判断は、側方向速度によって決められる傾向があることが明らかになった。

4.3 実験3 すれ違い時の回避

比較のため進行方向に対して障害物の左側を通過したものを「後方」とする。

4.3.1 歩行軌跡 歩行条件別の軌跡の被験者平均を前後別に図13に示す。前方に回避する場合、15m地点で少し右側に寄っており、あ

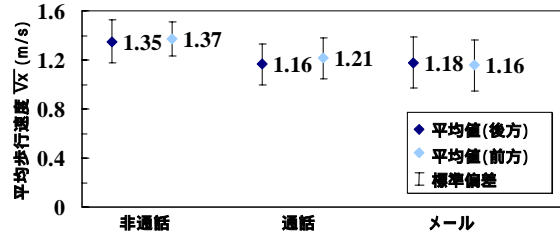


図9 全区間平均歩行速度

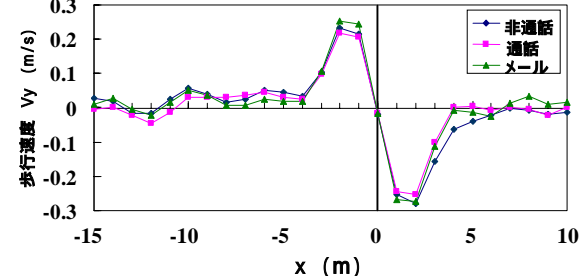


図10 側方向歩行速度(後方)

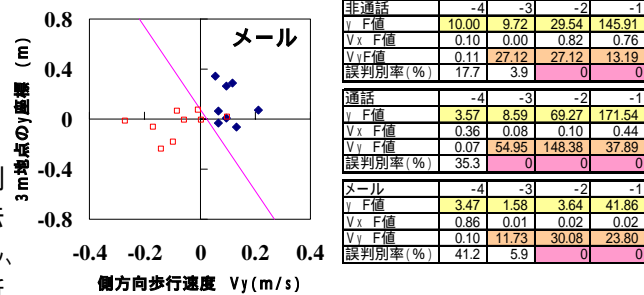
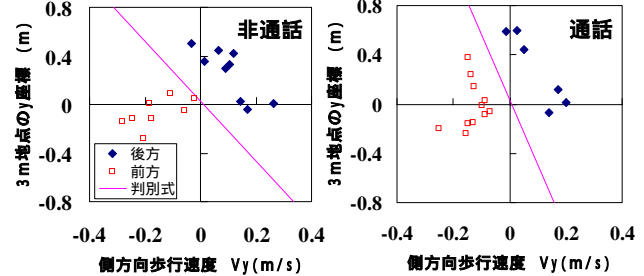


図11 判別分析結果

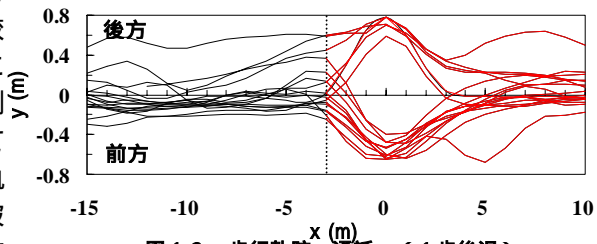


図12 歩行軌跡 通話 (1歩後退)

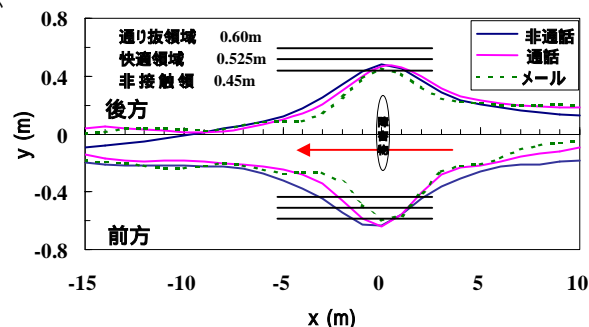


図13 平均歩行軌跡(すれ違い)

らかじめ回避する方向を歩行する傾向が見られる。また、「非通話」と比較すると前後とも「通話」「メール」に回避行動の遅れが見られる。これは、携帯電話使用による注意力低下が対向者との位置判断に影響を及ぼしたためだと考えられる。側方回避距離は前後とも快適領域を越えており、すれ違い時の回避行動においても不快でない領域まで離れて通過することが確認された。

4.3.2 歩行速度

1) 進行方向速度 (V_x) 各条件下における進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図 14 に示す。障害物の前方回避・後方回避によらず「非通話」「通話」(後方では非通話の 93%, 前方 85%)「メール」(後方 89%, 前方 79%)の順になっており各歩行条件で前方を通過する際の速度が遅くなっている。また、後方を図 3 と比較すると動的な障害物を回避する際は歩行速度が大きくなっている。

2) 側方向速度 (V_y) 1m 区間毎の y 方向の歩行速度を図 15 に示す。実験 1 同様「通話」「メール」に障害物付近で速度調整をしていることが確認された。図 5 と比べて速度変化が大きい。特に前方では「通話」「メール」で急な速度上昇が見られる。このことから携帯電話を使用しながら歩く場合は、対向者が携帯電話使用者している手の方向(左手:前方)に影響されているということが分かる。次に、図 6 に示すように加速度が最大となる地点を求めた。加速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 16 に示す。3 条件では「非通話」「通話」(後方 80%, 前方 57%)「メール」(後方 60%, 前方 41%)の順になっている。図 7 と比較すると、距離が大きくなっている。これは、すれ違い歩行の場合、対向する障害物の速度(約 1.2m/s)があり、実験 1 に比べて相対速度が約 2 倍となっていることが回避行動に影響を与えたものと考えられる。

5. まとめ

携帯電話使用が歩行回避行動に及ぼす影響を検討した。

・携帯電話使用は、進行方向の歩行速度の低下を招くとともに前方の障害物に対する回避行動の遅れを生じさせる。また、側方向の歩行速度調整をしている。

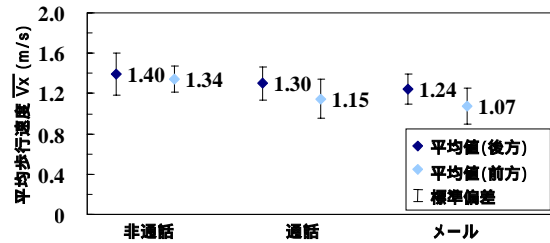


図 14 全区間平均歩行速度

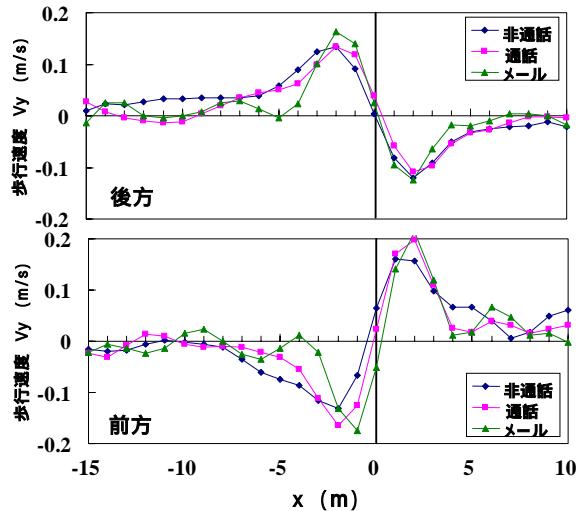


図 15 側方向歩行速度

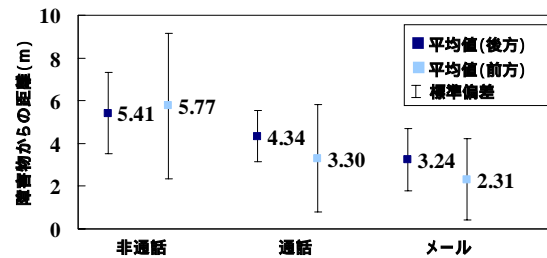


図 16 側方向加速度最大地点と障害物との距離

・直前で動き出す障害物を回避する際の通過位置の前後を予測するために、説明変数として V_y と y 座標が有効である。特に「通話」では、 V_y の影響が大きい。

・すれ違い歩行時に回避行動のずれが大きくなり、携帯電話使用者であっても、対向者が通話している場合には影響を受ける。

以上のように、携帯電話使用者が歩行回避行動に及ぼす影響についての基礎的な歩行測定データが得られた。今後の課題としては、直前での動きに対してさらに検討が必要であると思われる。

【参考文献】[1] 建部ら, 日本建築学会計画系論文集, 第 465 号, pp95-104, 1994, [2] 中村ら, 第 10 回画像センシングシンポジウム/SSII 2004, [3] J.J.Fruin: 歩行者の空間, pp45-58, 鹿島出版社, 東京, 1974

携帯電話使用が歩行行動に及ぼす影響に関する基礎的研究

松永文彦*¹, 中村克行*², 佐久間哲哉*³, 柴崎亮介*⁴

*東京大学 大学院新領域創成科学研究科

1. 研究の背景・目的

今日、街路空間での携帯電話使用が日常的になってきているが、歩行中の使用は周囲への注意力低下を招き、他者との衝突や通行を妨害する原因となるなど、歩行行動に少なからず影響を与えていると考えられる。歩行行動に関する既往研究では、路上人物などの障害物に対する回避行動について、回避の開始点と障害物の距離との関係性が検討されてきているが[1]、携帯電話使用時の歩行行動に関するものは少ない。本研究では歩行中の携帯電話での通話やメール作成行為が回避行動に及ぼす影響について、歩行軌跡・歩行速度による比較を通して検討する。

2. 実験方法

建物内部の廊下に図 1 に示すような計測区間を含む歩行ルートを設定し被験者実験を行った。歩行条件は「非通話」「通話」「メール」の 3 条件、歩行パターンは表 1 に示すような A から F の 6 パターンである。各被験者はある歩行パターンにおいて 5 回の回避行動を行う。

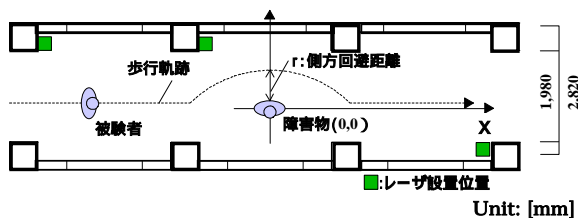


図 1 計測区間平面

表 1 歩行パターン

パターン	A	B	C	D	E	F	
回避行動順	1	2	3	4	5	6	障害物有
	非通話	非通話	通話	通話	メール	メール	
	通話	メール	非通話	メール	非通話	通話	
	メール	通話	メール	非通話	通話	非通話	
	通話	通話	通話	通話	通話	通話	障害物無
	非通話	非通話	非通話	非通話	非通話	非通話	

計測区間内の廊下中央には障害物として人が立っており(進行方向に対して右向き)、被験者が障害物を通過する際の歩行行動についてビデオ録画を行うとともに、床に設置した 3 台のレーザーセンサ(SICK LMS200)で被験者の両足位置を同期計測する(サンプリング周波数 20Hz)[2]。計測区間は、障害物を通過する地点の前方 15m から後方 10m までとする。被験者は 20 代の男女 11 名である。

3. 分析方法

レーザ計測で求められた歩行時の重心位置の軌跡を歩行軌跡とし、ビデオ映像から被験者のものと確認できた軌跡を分析対象とする。一般に、歩行軌跡は細かい振動成分を含んでいることから、2 足歩行特有の左右の揺れ(約 1 秒周期)を取り除くために 1 秒間の移動平均処理を行う。また、図 1 に示すように x, y 座標系の原点を障害物の設置位置にとり、廊下に平行な軸を x 軸(進行方向側を正)、直交する軸を y 軸(進行方向の左手側を正)とする。以下では歩行軌跡と y 軸との交点の値を側方回避距離と呼ぶこととする。

4. 実験結果・考察

4.1 歩行軌跡

軌跡の違いは、回避行動の遅れに相当する。歩行条件別の軌跡の被験者平均および 1m 毎に歩行条件と被験者を要因として行った分散分析結果を図 2 に示す。「非通話」と比較すると、「通話」「メール」に前方の障害物に対する回避行動の遅れが見られる。個々の被験者の軌跡を見ると、「メール」に障害物直前で回避行動を開始した軌跡が比較的多い。また、分散分析の結果、障害物前方 10m 付近で各歩行条件間に有意差が見られた。この回避行動の遅れは、携帯電話使用による音声の聴取・発声・画面の注視や入力操作への意識の集中に起因するものと考えられる。

一方、側方回避距離は 3 条件とも快適領域[3]を超えており、殆ど差が見られない。また、障害物通過直後の軌跡についても 3 条件の違いは少ない。これには、廊下幅の制約がある程度影響しているものと思われる。

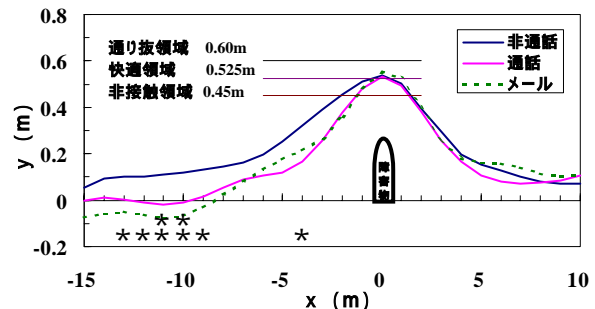


図 2 平均歩行軌跡(障害物有り) *:¹%有意 **:⁵%有意

4.2 歩行速度

1) 進行方向速度 (V_x)

各条件下における進行方向全区間の平均歩行速度と標準偏差を図 3 に示す。歩行条件と被験者を要因とした分散分析の結果、障害物の有無によらず各歩行条件間に有意差が見られた。平均歩行速度は障害物が無い場合、「通話」の方が遅く、障害物がある場合、「非通話」「通話」「メール」の順に遅くなっている。図 4 は 1m 区間毎の歩行速度を示しているが、障害物の前後に関わらず全区間でほぼ一定であり、図 3 の結果と対応している。

2) 側方向速度 (V_y)

1m 区間毎の y 方向の歩行速度を図 5 に示す。「非通話」は徐々に速度を上げて回避行動をしているのに対して、「通話」「メール」は障害物前方 4m 以内で急な速度上昇が見られる。これは障害物直前で大きく方向転換したことに相当する。

次に、障害物に近接する側方向への加速区間において図 6 に示すように速度および加速度が最大となる地点を求めた。図 7 には速度最大地点および加速度最大地点と障害物との距離の平均値と標準偏差を図 7 に示す。加速度最大地点は、「非通話」と比べて「通話」「メール」の場合に距離が小さくなる。

上記の結果は、図 2 の平均歩行軌跡において確認されたことと対応している。前方を十分に確認しながら歩行できる「非通話」に対し「通話」「メール」は障害物付近になって歩行速度調整をしているものと考えられる。

5. まとめ

携帯電話使用は、進行方向の歩行速度の低下を招くとともに、前方の障害物に対する回避行動の遅れを生じさせることが分かった。特に、通話時・メール作成時に障害物付近で側方向の歩行速度調整をしていることが確認された。今回は静止した障害物の設定だったが、実際の歩行状況を考えると、対向者が歩行しているなど他の複雑な要因があり、他の歩行者との衝突や通行妨害につながる可能性がある。障害物通過位置の左右・障害物の向き・空間特性の違いも考慮することが必要であろう。

【参考文献】[1] 建部謙治, 辻本誠, 志田弘治: 回避行動開始点の判定と前方回避距離, 歩行者の回避行動に関する研究 (), 日本建築学会計画系論文集, 第 465 号, pp95-104, 1994, [2] 中村克行, 趙卉菁, 柴崎亮介, 坂本圭司, 大鍋朋生, 鈴川尚毅: マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出, 第 10 回画像センシングシンポジウム/SSII 2004,

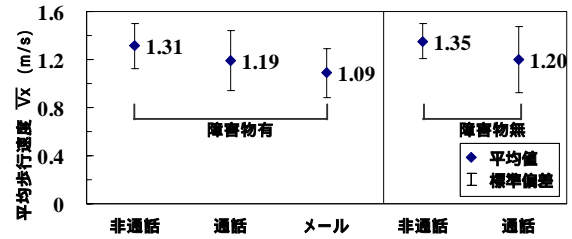


図 3 全区間平均歩行速度

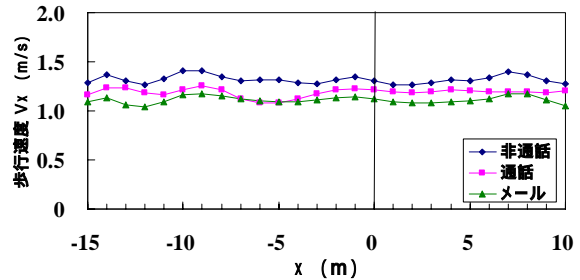


図 4 進行方向歩行速度 (障害物有り)

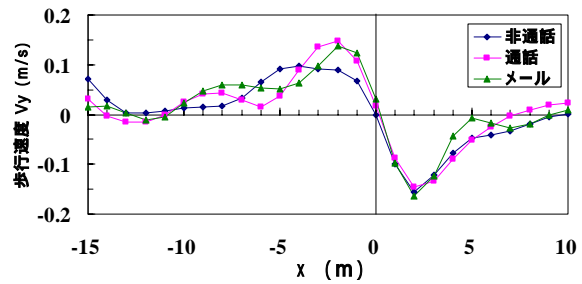


図 5 側方向歩行速度 (障害物有り)

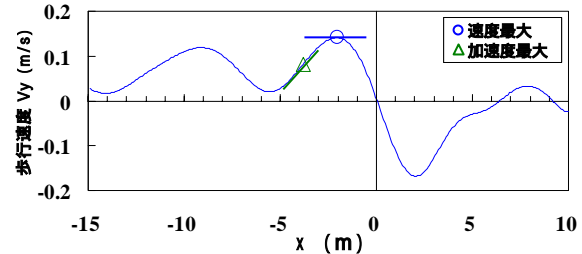


図 6 側方向速度・加速度が最大となる地点 (メール)

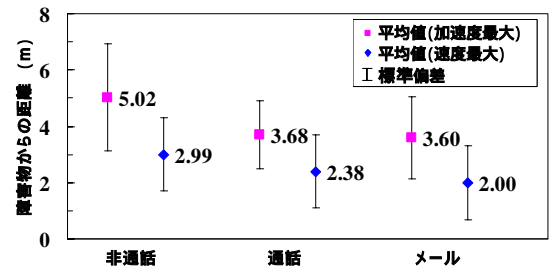


図 7 側方向速度・加速度最大地点と障害物との距離

[3] J.J.Fruin : 歩行者の空間, pp45-58, 鹿島出版社, 東京, 1974

【謝辞】今回の実験にご協力いただいた平成 15 年度東京大学建築学科卒業論生の渉孝良氏に感謝いたします。

*1 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 修士課程

*2 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 博士課程 修(環境)

*3 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 助教授 博(工)

*4 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 教授 博(工)

*1 Inst. of Environ. Studies, Grad. Sch. of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo

*2 Inst. of Environ. Studies, Grad. Sch. of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo, M. Env

*3 Assoc. Prof., Inst. of Environ. Studies, Grad. Sch. of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

*4 Prof., Inst. of Environ. Studies, Grad. Sch. of Frontier Sciences, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

通話中について
通路に立っている人が
気になった。

とても そう思う	そう思う	あまり そう思わない	ほとんど そう思わない	全く そう思わない
<hr/>				

通話中について
対向する歩行者が
気になった。

とても そう思う	そう思う	あまり そう思わない	ほとんど そう思わない	全く そう思わない
<hr/>				

メール作成中について
通路に立っている人が
気になった。

とても そう思う	そう思う	あまり そう思わない	ほとんど そう思わない	全く そう思わない
<hr/>				

メール作成中について
対向する歩行者が
気になった。

とても そう思う	そう思う	あまり そう思わない	ほとんど そう思わない	全く そう思わない
<hr/>				

以上でアンケートは終了です。
ご協力ありがとうございました。

実験1 アンケート結果

被験者	性別	視力(矯正)	身長(cm)	利き手	通話	メール	利用頻度(通話)	利用頻度(メール)	利用頻度(歩行中)
1	男	1.2	179	右	右	右	時々使用	よく使用	時々使用
2	女	0.8	160	右	左	左	時々使用	よく使用	時々使用
3	女	1	155	右	左	右	よく使用する	時々使用	時々使用
4	男	1	170	右	左	右	時々使用	時々使用	よく使用
5	女	0.6	164	右	右	右	よく使用する	よく使用	ほとんど使用しない
6	男	0.8	162	右	右	右	よく使用する	よく使用	よく使用
7	男	0.8	171	右	右	右	ほとんど使用しない	ほとんど使用しない	ほとんど使用しない
8	男	1	170	右	右	右	時々使用	よく使用	時々使用
9	男	0.5	178	右	左	左	時々使用	時々使用	ほとんど使用しない
10	女	0.6	157	右	右	右	よく使用する	よく使用	時々使用
11	男	0.8	174	右	右	右	時々使用	時々使用	時々使用

	危険な体験	内容	装置(PC)	レーザー	レーザー音
1	前からくる自転車にぶつかりそうになる	いいえ	はい	いいえ	いいえ
2	なし	いいえ	はい	はい	いいえ
3	なし	いいえ	いいえ	いいえ	いいえ
4	注意不足で車と人にぶつかりそうになった	いいえ	はい	いいえ	いいえ
5	なし	いいえ	はい	いいえ	いいえ
6	ぶつかりそうになった	はい	はい	はい	いいえ
7	なし	はい	はい	はい	いいえ
8	足元のキャスターに気づかず、ぶつかった	いいえ	いいえ	はい	いいえ
9	車にひかれそうになった	いいえ	はい	いいえ	いいえ
10	でこぼこにつまずいた	はい	はい	いいえ	はい
11	人と肩がぶつかった	いいえ	はい	はい	いいえ

実験2・3 アンケート結果(その1)

被験者	性別	視力(矯正)	身長(cm)	利き手	通話	メール	利用頻度(通話)	利用頻度(メール)	利用頻度(歩行中)
1	男	1	170	右	左	左	時々使用する	時々使用する	よく使用する
2	男	0.8	172	右	左	左	時々使用する	時々使用する	時々使用する
3	男	0.8	178	右	右	左	よく使用する	よく使用する	時々使用する
4	女	1	148	右	右	右	時々使用する	よく使用する	よく使用する
5	女	2	160	右	右	右	ほとんど使用しない	よく使用する	時々使用する
6	女	1	150	右	左	左	時々使用する	時々使用する	時々使用する
7	男	0.8	177	右	右	右	時々使用する	よく使用する	時々使用する
8	男	1.5	178	左	左	左	ほとんど使用しない	よく使用する	よく使用する
9	男	1	177	右	右	右	時々使用する	よく使用する	時々使用する
10	男	1	162	右	右	右	よく使用する	よく使用する	よく使用する
11	男	1	176	右	左	右	よく使用する	よく使用する	時々使用する
12	男	0.9	171	右	右	右	ほとんど使用しない	時々	よく使用する
13	男	1	180	右	右	左	時々使用する	時々使用する	ほとんど使用しない
14	女	1	152	右	右	右	よく使用する	よく使用する	時々使用する
15	女	1	152	右	右	右	よく使用する	時々使用する	ほとんど使用しない
16	男	1	170	右	右	右	時々使用する	時々使用する	時々使用する
17	男	1.2	176	右	左	右	よく使用する	よく使用する	よく使用する

危険な体験	装置(PC)	レーザー	レーザー音	印象に残ったもの	集中(通話)	集中(メール)
1 前から歩いてくる人にぶつかりそうになった	はい	いいえ	いいえ	1階の電気	そう思う	そう思う
2 ない	はい	はい	いいえ	看板	とてもそう思う	あまりそう思わない
3 ない	はい	はい	はい	いいえ	そう思う	そう思う
4 階段から落ちた	はい	いいえ	いいえ	PCのコード、人の動き	そう思う	そう思う
5 ない	はい	いいえ	いいえ	すれ違う人	そう思う	とてもそう思う
6 ない	はい	はい	はい	すれ違う人	そう思う	とてもそう思う
7 曲がり角で出会い頭、ぶつかりそうになる	いいえ	はい	いいえ	ついたて、イス、ビデオカメラ	そう思う	とてもそう思う
8 赤信号で横断歩道を渡って、ひかれそうになった	いいえ	いいえ	いいえ	黒いイス、掲示板	そう思う	とてもそう思う
9 ない	いいえ	はい	いいえ	カメラ	そう思う	そう思う
10 ない	はい	はい	いいえ	人が動いた	あまりそう思わない	とてもそう思う
11 自転車にひかれそうになった	はい	いいえ	いいえ	いいえ	とてもそう思う	とてもそう思う
12 ない	はい	はい	いいえ	人	そう思う	そう思う
13 ない	はい	はい	いいえ	電気	そう思う	とてもそう思う
14 ない	いいえ	はい	はい	人、電気	そう思う	そう思う
15 ぶつかりそうになって直前で避けた	はい	はい	いいえ	いいえ	そう思う	そう思う
16 足元のリヤカーに気付かず、転んだ	いいえ	はい	いいえ	意匠系の看板、イス	そう思う	とてもそう思う
17 人にぶつかりそうになった	はい	はい	はい	いいえ	そう思う	そう思う

実験 2・3 アンケート結果 (その 2)

	非通話		通話		メール	
	障害物(気になる)	対向者(気になる)	障害物(気になる)	対向者(気になる)	障害物(気になる)	対向者(気になる)
1	そう思う	とてもそう思う	あまりそう思わない	ほとんどそう思わない	そう思う	そう思う
2	そう思う	そう思う	そう思う	とてもそう思う	そう思う	とてもそう思う
3	そう思う	そう思う	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない
4	とてもそう思う	そう思う	あまりそう思わない	そう思う	あまりそう思わない	そう思う
5	そう思う	とてもそう思う	とてもそう思う	とてもそう思う	あまりそう思わない	ほとんどそう思わない
6	ほとんどそう思わない	全くそう思わない	そう思う	そう思う	とてもそう思う	とてもそう思う
7	とてもそう思う	そう思う	とてもそう思う	そう思う	あまりそう思わない	あまりそう思わない
8	とてもそう思う	そう思う	とてもそう思う	そう思う	あまりそう思わない	あまりそう思わない
9	とてもそう思う	とてもそう思う	そう思う	とてもそう思う	そう思う	そう思う
10	あまりそう思わない	あまりそう思わない	ほとんどそう思わない	ほとんどそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない
11	あまりそう思わない	そう思う	とてもそう思う	あまりそう思わない	とてもそう思う	あまりそう思わない
12	とてもそう思う	あまりそう思わない	あまりそう思わない	ほとんどそう思わない	あまりそう思わない	ほとんどそう思わない
13	ほとんどそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない
14	とてもそう思う	とてもそう思う	とてもそう思う	そう思う	とてもそう思う	そう思う
15	とてもそう思う	あまりそう思わない	とてもそう思う	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない
16	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない	そう思う	あまりそう思わない
17	そう思う	あまりそう思わない	あまりそう思わない	ほとんどそう思わない	あまりそう思わない	あまりそう思わない

実験 2・3 アンケート結果 (その3)

通過方向

実験条件	被験者	非通話	通話	メール	歩行条件	性別	危険な体験	利き手	通話時	メール作成時
1歩後退	5	前方	前方(右手)	前方(右手)	通-メ-非	女	無し	右	右	右
		前方	前方	前方	通-メ-非	女	無し	右	左	左
	7	前方	前方(右手)	前方(右手)	メ-非-通	男	有り	右	右	右
		前方	前方	前方	メ-非-通	男	有り	左	左	左
	9	前方	前方(右手)	前方(右手)	メ-非-通	男	無し	右	右	右
		前方	前方(右手)	前方	非-通-メ	男	無し	右	右	左
	17	前方	前方	前方(右手)	メ-通-非	男	有り	右	左	右
		後方	後方	後方	通-非-メ	男	有り	右	左	左
		後方	後方	後方	通-非-メ	男	無し	右	左	左
		後方	後方(右手)	後方	通-非-メ	男	無し	右	右	左
		後方	後方(右手)	後方(右手)	通-メ-非	女	有り	右	右	右
		後方	後方(右手)	後方(右手)	非-メ-通	女	無し	右	右	右
		後方	後方(右手)	後方(右手)	非-メ-通	女	有り	右	右	右
	11	後方	前方	前方(右手)	メ-通-非	男	有り	右	左	右
	12	後方	前方(右手)	前方(右手)	非-通-メ	男	無し	右	右	右
		10	後方	前方(右手)	後方(右手)	メ-通-非	男	無し	右	右
	16	前方	前方(右手)	後方(右手)	メ-通-非	男	有り	右	右	右
すれ違い		後方	後方	後方	通-非-メ	男	有り	右	左	左
		後方	後方	後方	通-非-メ	男	無し	右	左	左
		後方	後方(右手)	後方	通-非-メ	男	無し	右	右	左
		後方	後方(右手)	後方	通-メ-非	女	有り	右	右	右
	9	後方	後方(右手)	後方	メ-非-通	男	無し	右	右	右
	10	後方	後方(右手)	後方	メ-通-非	男	無し	右	右	右
	12	後方	後方(右手)	後方	非-通-メ	男	無し	右	右	右
		後方	後方(右手)	後方	非-メ-通	女	無し	右	右	右
		後方	後方(右手)	後方	非-メ-通	女	有り	右	右	右
	17	後方	後方	後方	メ-通-非	男	有り	右	左	右
		前方	前方	前方	通-メ-非	女	無し	右	左	左
		前方	前方	前方	メ-非-通	男	有り	左	左	左
	11	前方	前方	前方	メ-通-非	男	有り	右	左	右
		前方	前方(右手)	前方	非-通-メ	男	無し	右	右	左
	5	前方	後方(右手)	後方	通-メ-非	女	無し	右	右	右
	7	前方	前方(右手)	後方	メ-非-通	男	有り	右	右	右
16	後方	前方(右手)	前方	メ-通-非	男	有り	右	右	右	

障害物気になる

個人データ

被験者No 軌跡

「非通話」、「通話」、「メール」3条件の比較

被験者No V_x (進行方向歩行速度)

「非通話」、「通話」、「メール」3条件の比較

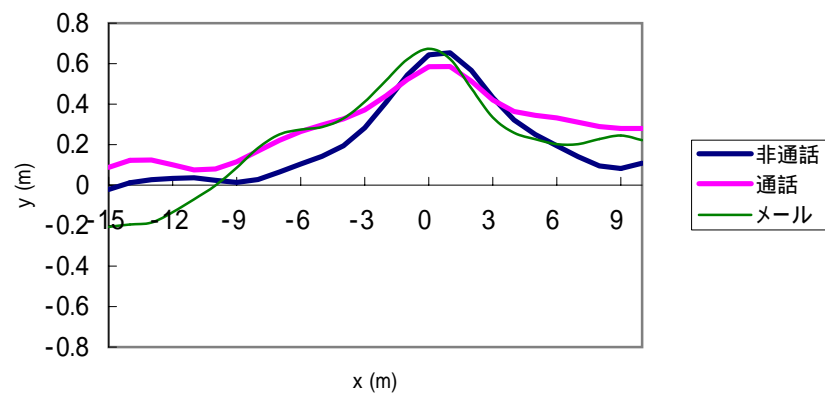
被験者No V_y (側方向歩行速度)

「非通話」、「通話」、「メール」3条件の比較

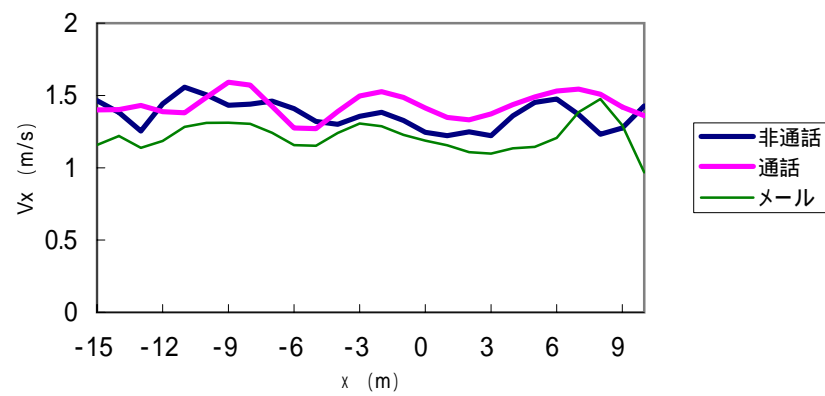
実験 1

静止した障害物に対する回避行動

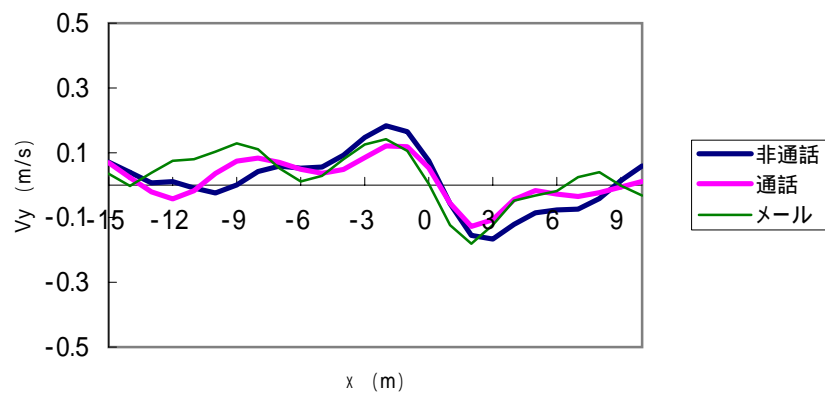
被験者1 軌跡



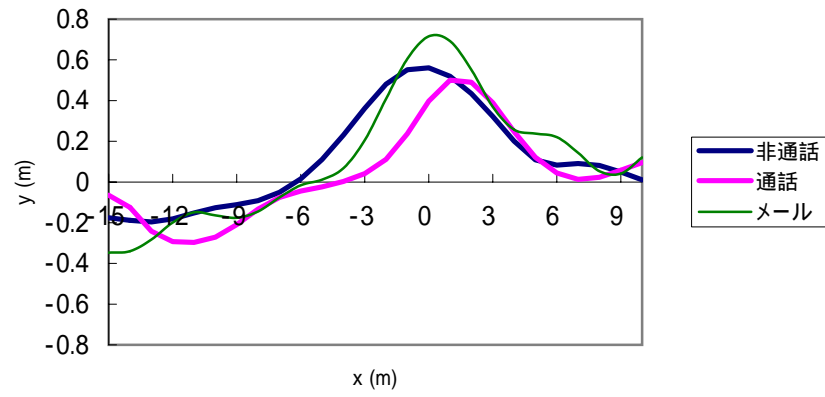
被験者1 V_x



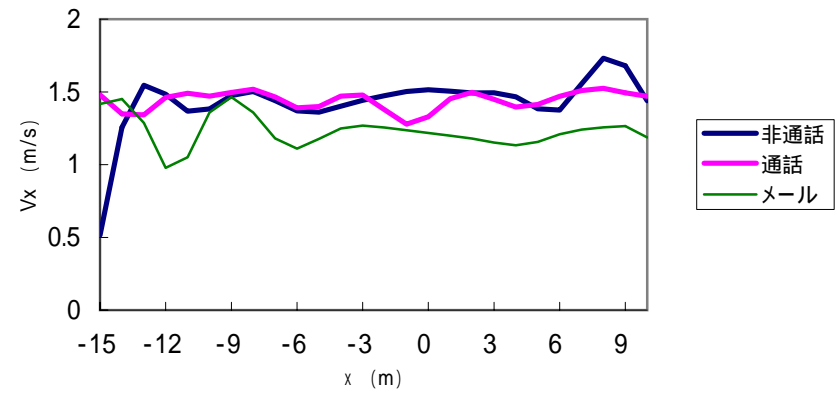
被験者1 V_y



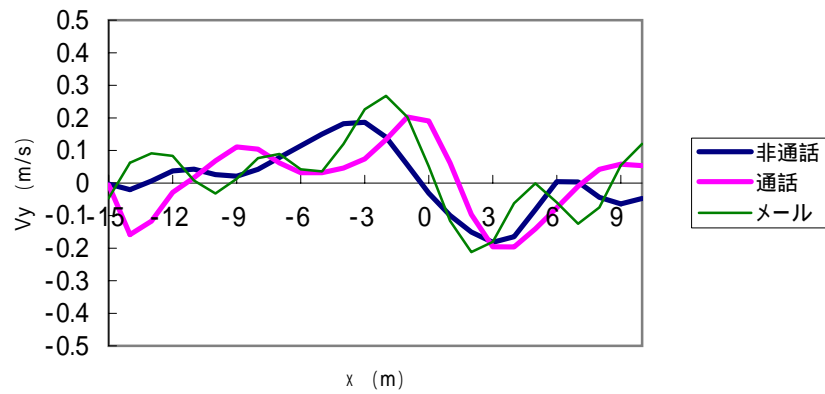
被験者2 軌跡



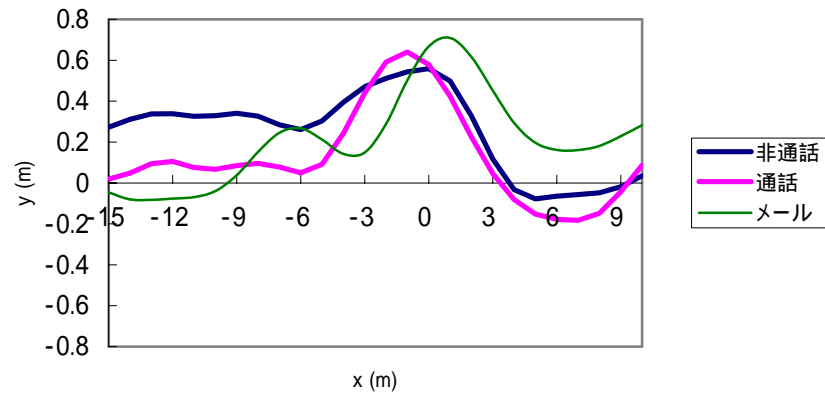
被験者2 Vx



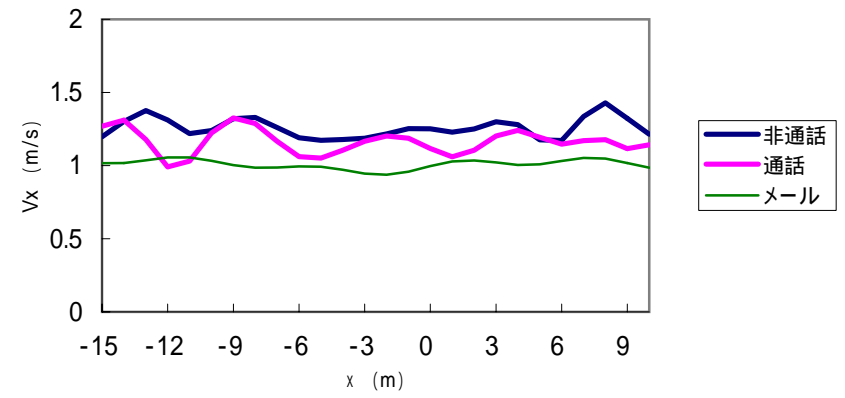
被験者2 Vy



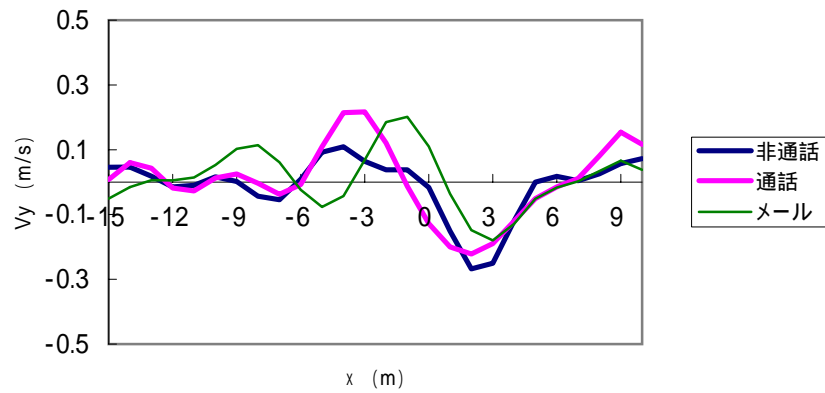
被験者3 軌跡



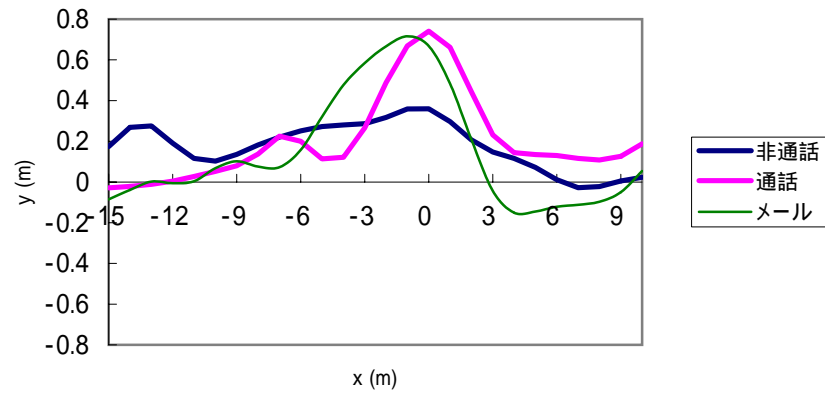
被験者3 V_x



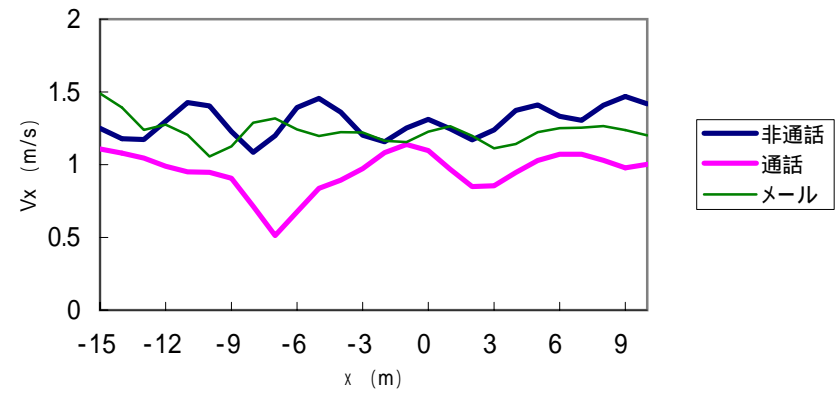
被験者3 V_y



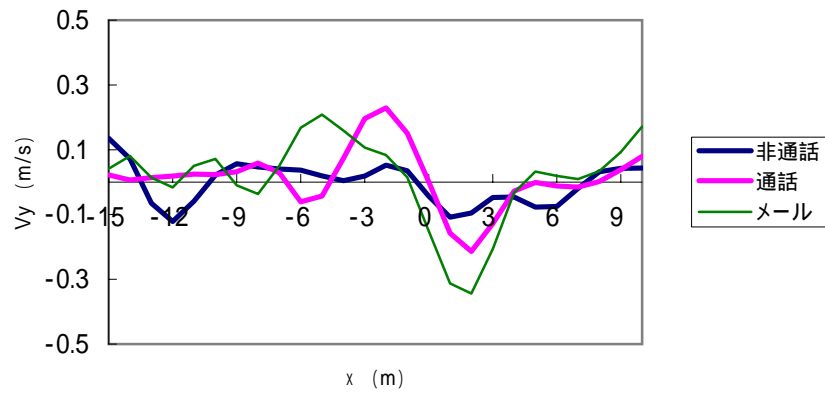
被験者4 軌跡



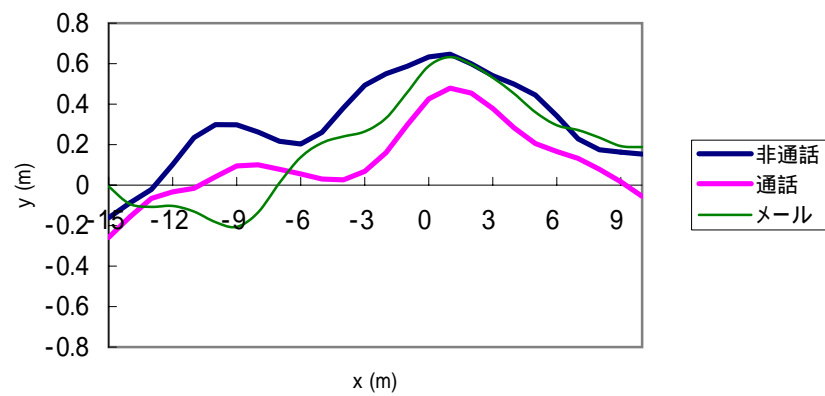
被験者4 V_x



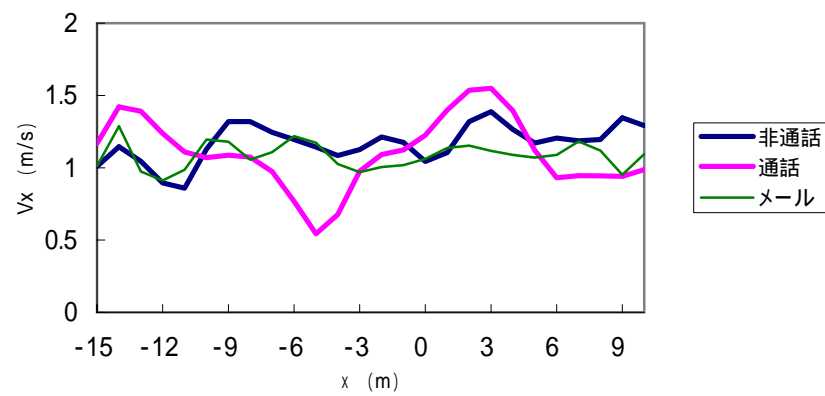
被験者4 V_y



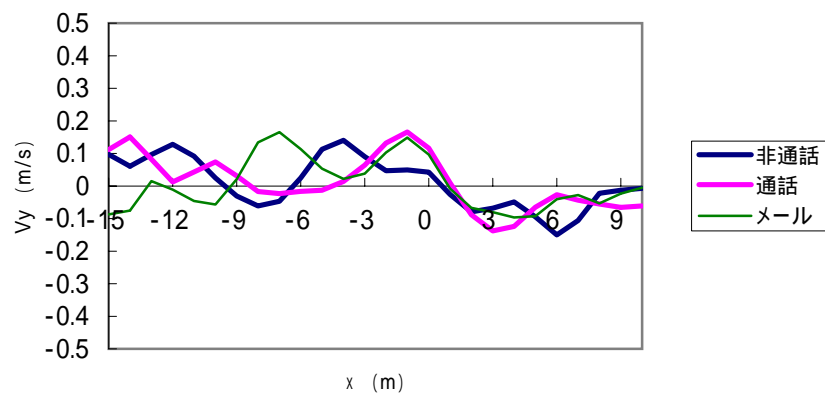
被験者5 軌跡



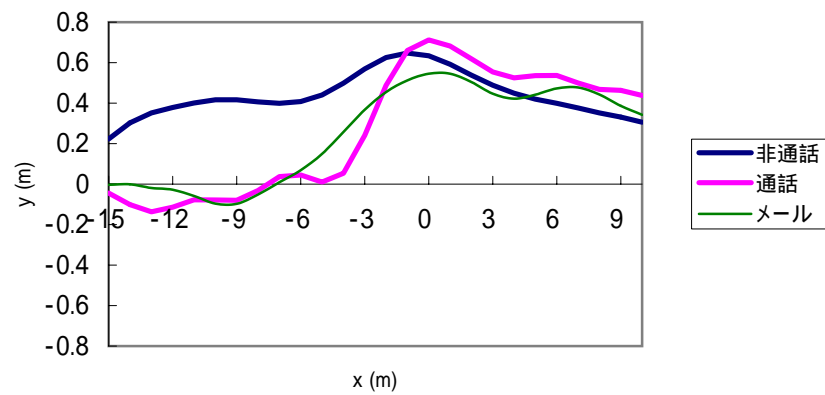
被験者5 V_x



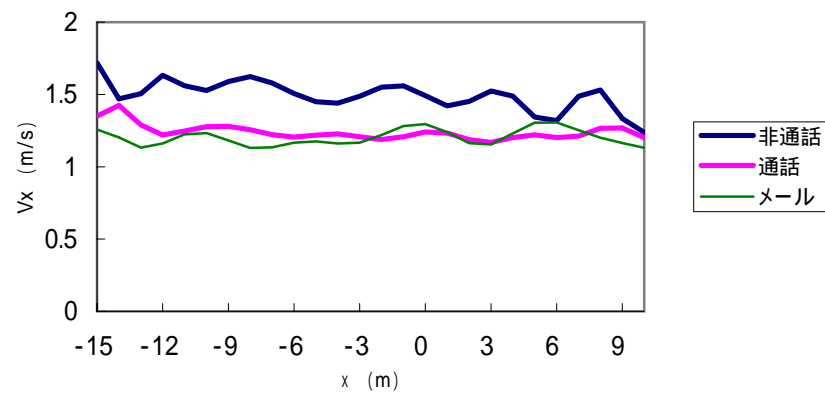
被験者5 V_y



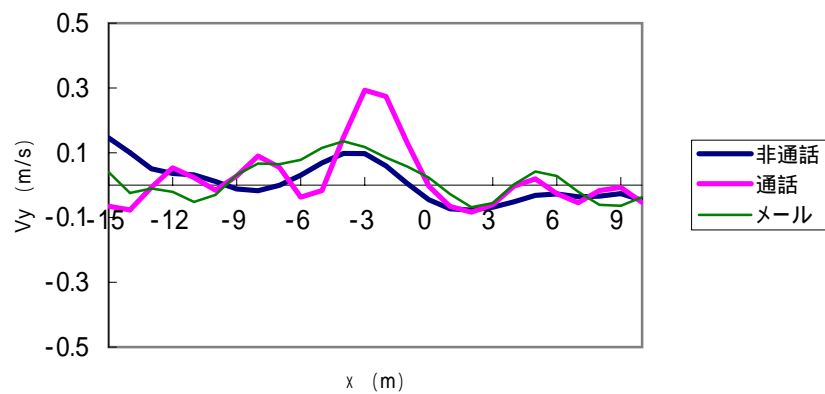
被験者6 軌跡



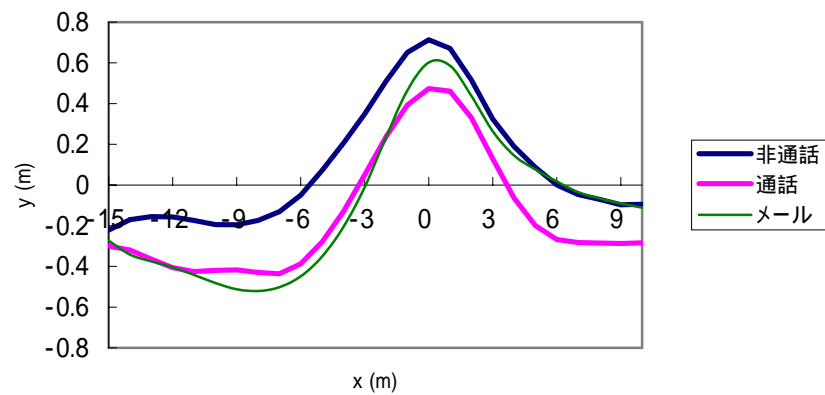
被験者6 Vx



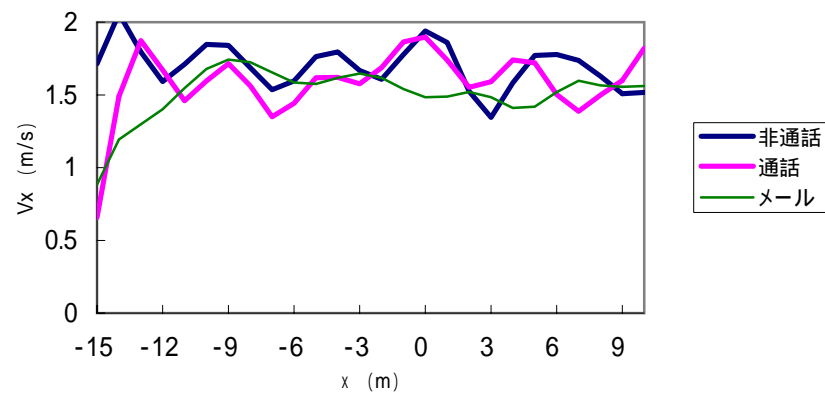
被験者6 Vy



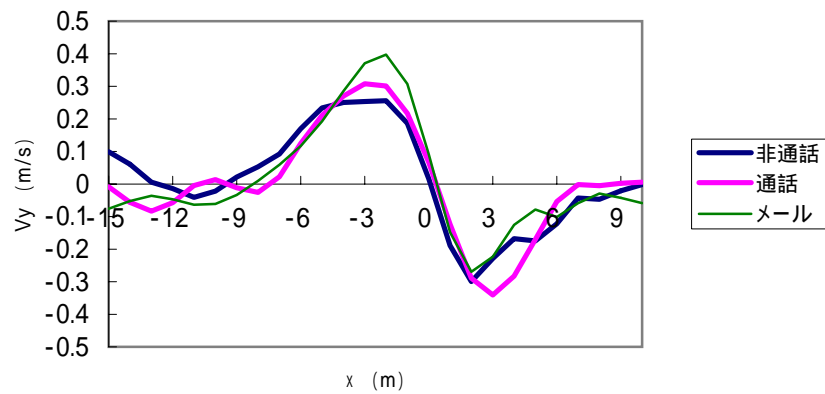
被験者7 軌跡



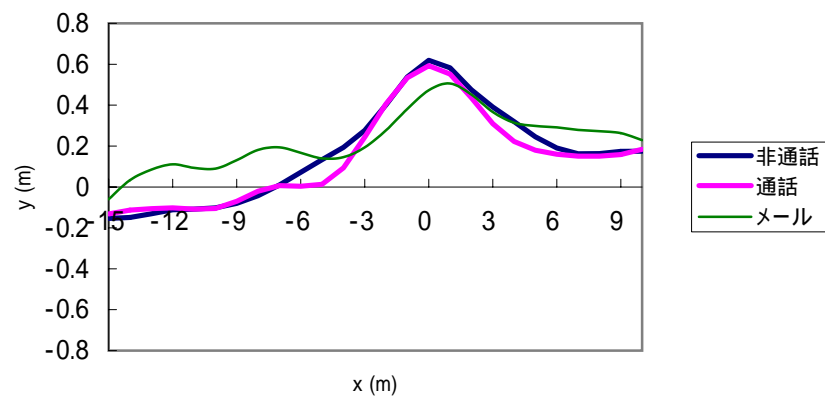
被験者7 Vx



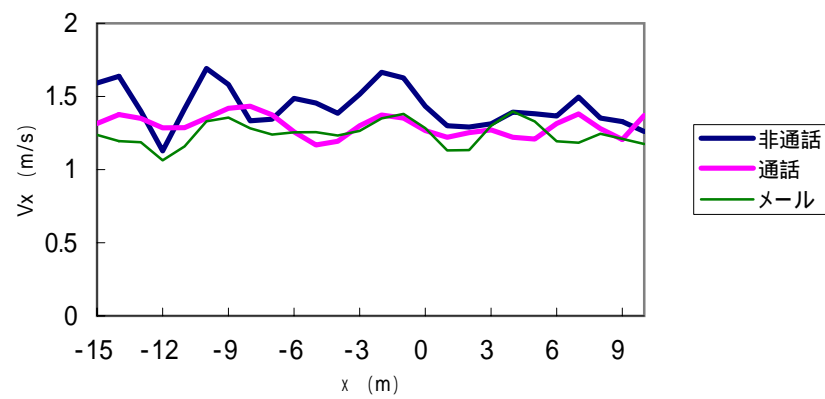
被験者7 Vy



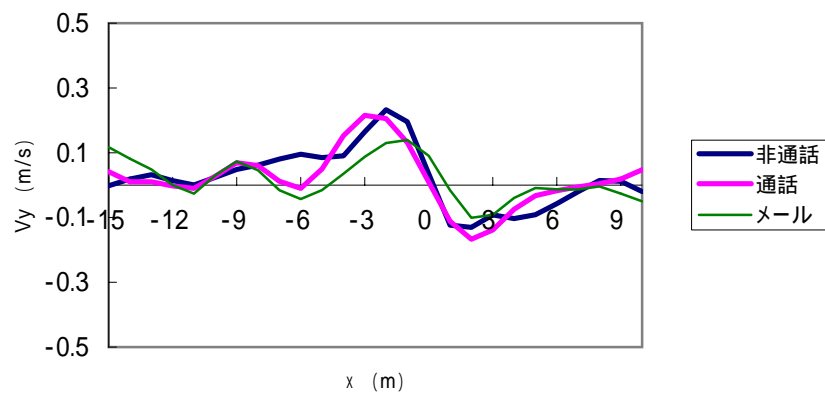
被験者8 軌跡



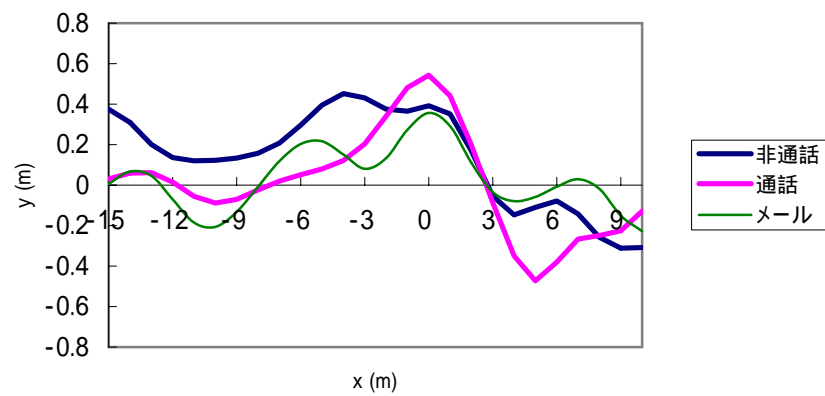
被験者8 V_x



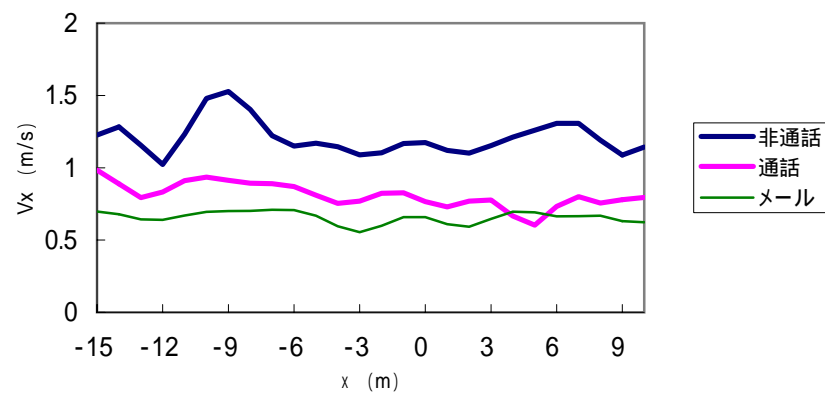
被験者8 V_y



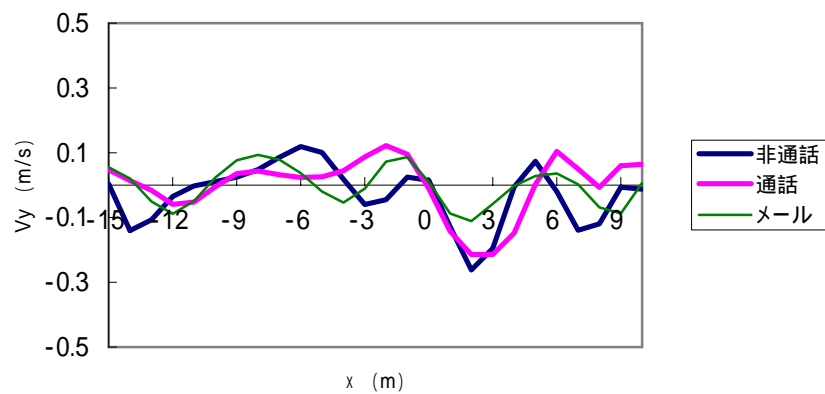
被験者9 軌跡



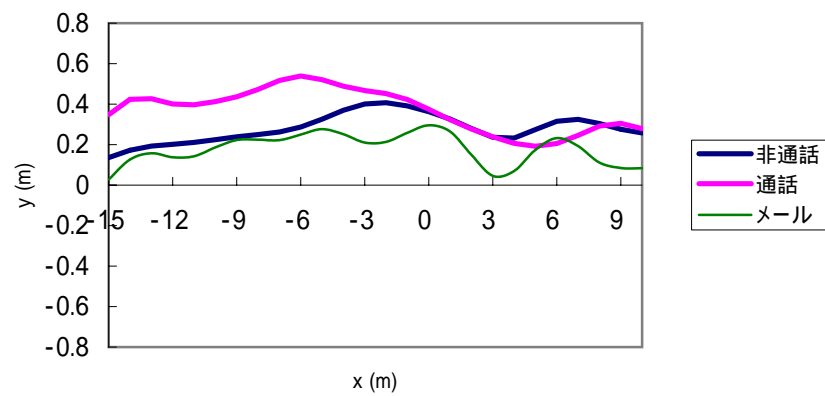
被験者9 V_x



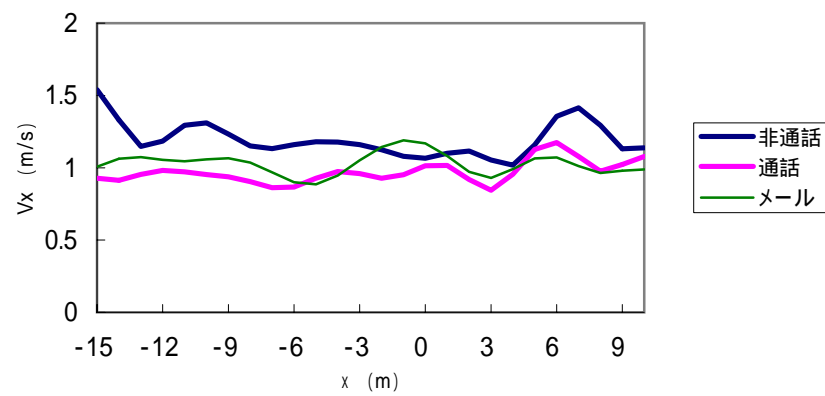
被験者9 V_y



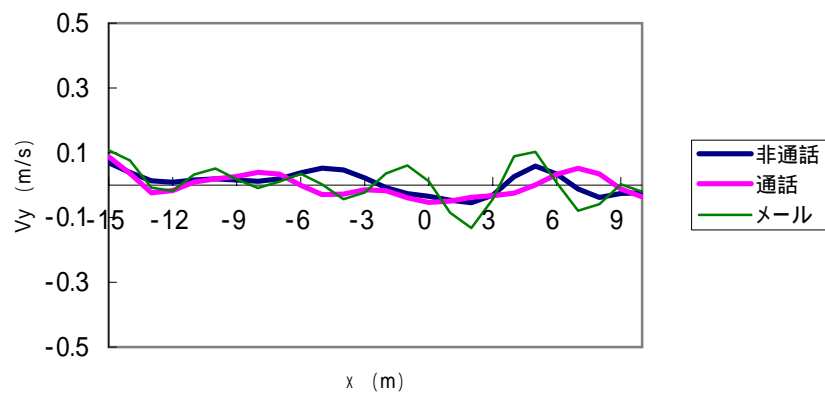
被験者10 軌跡



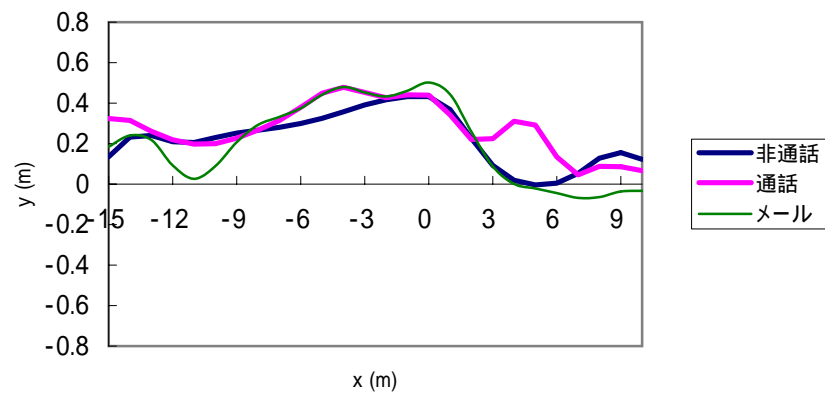
被験者10 Vx



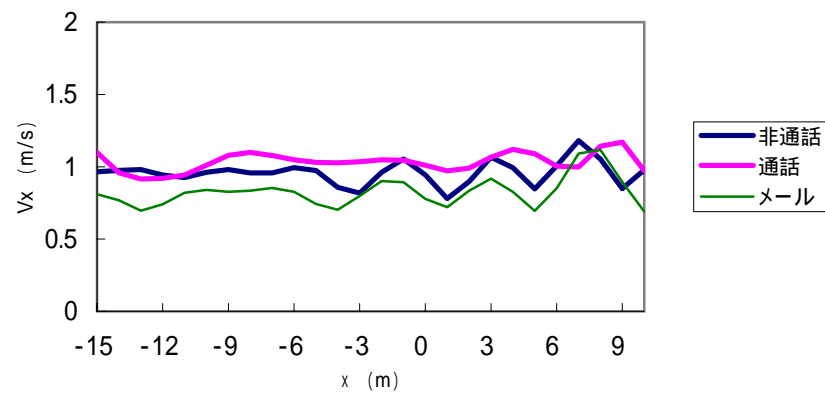
被験者10 Vy



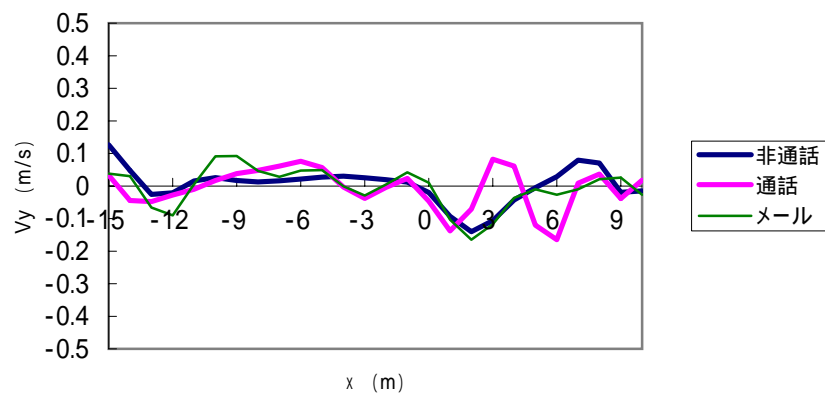
被験者11 軌跡



被験者11 V_x



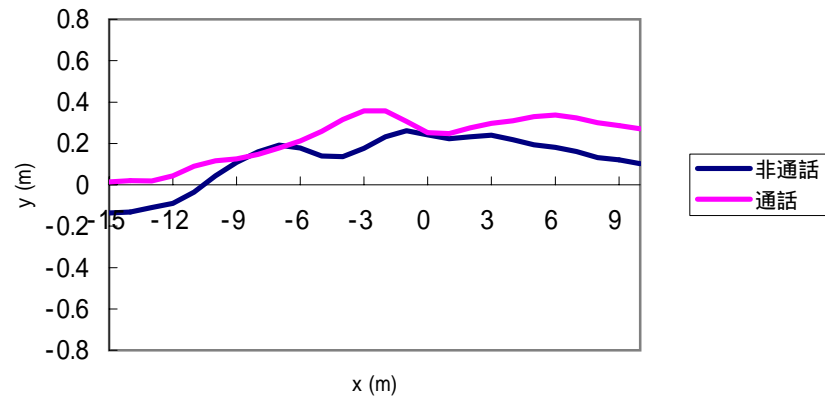
被験者11 V_y



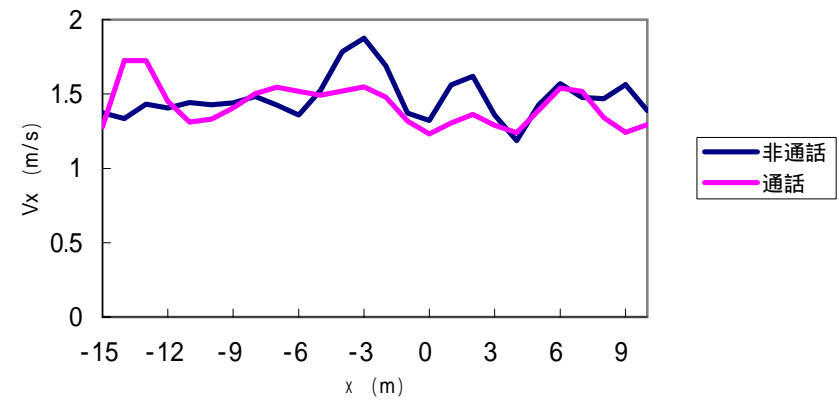
実験 1

障害物無し

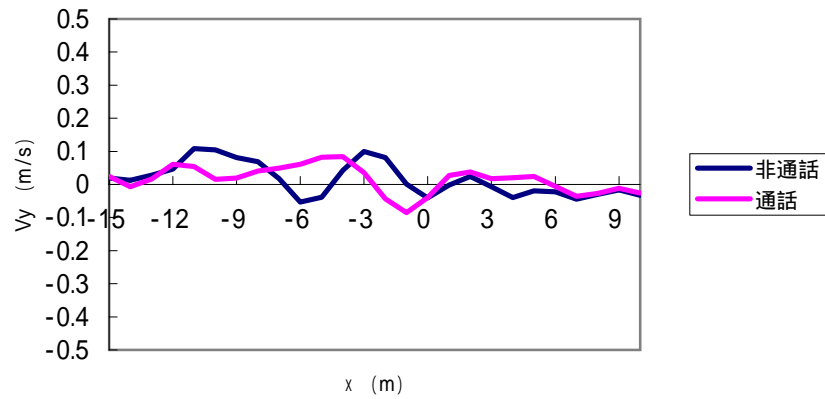
被験者1 軌跡



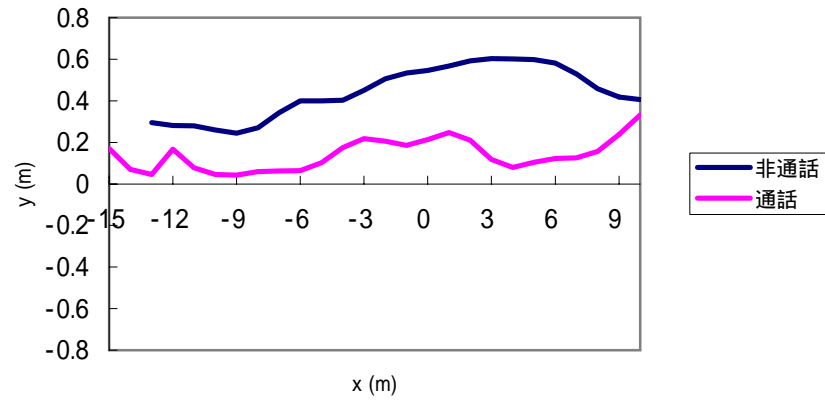
被験者1 V_x



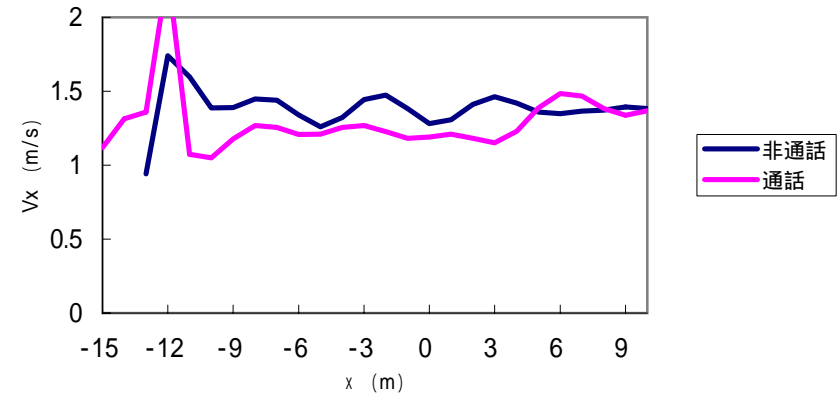
被験者1 V_y



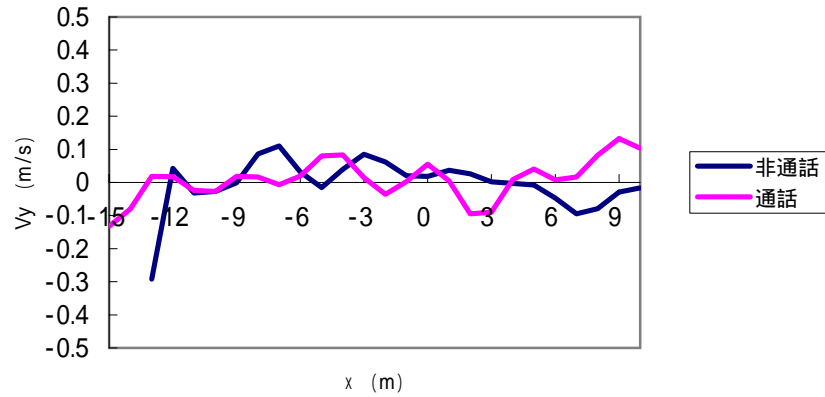
被験者2 軌跡



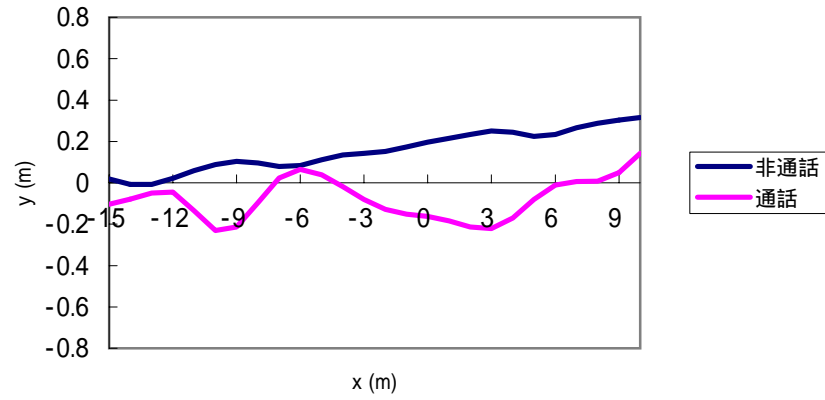
被験者2 V_x



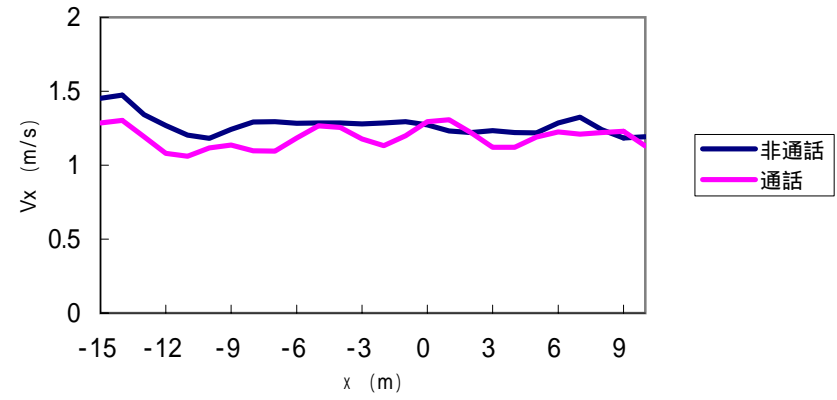
被験者2 V_y



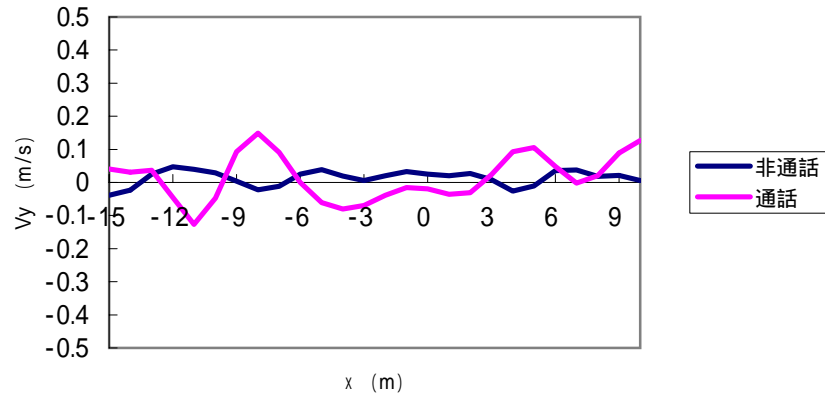
被験者3 軌跡



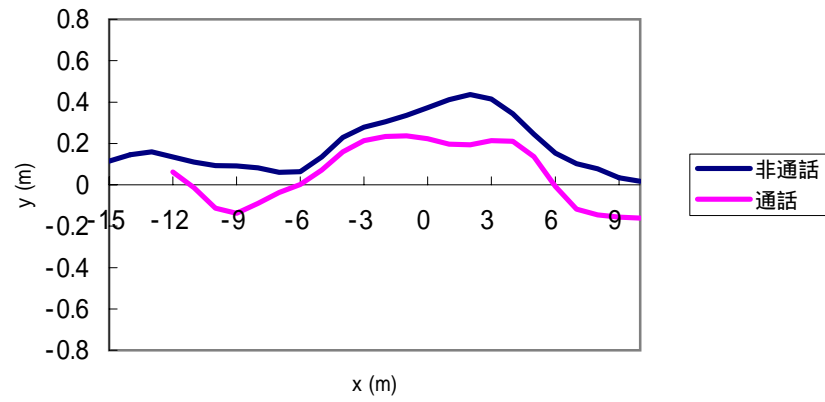
被験者3 V_x



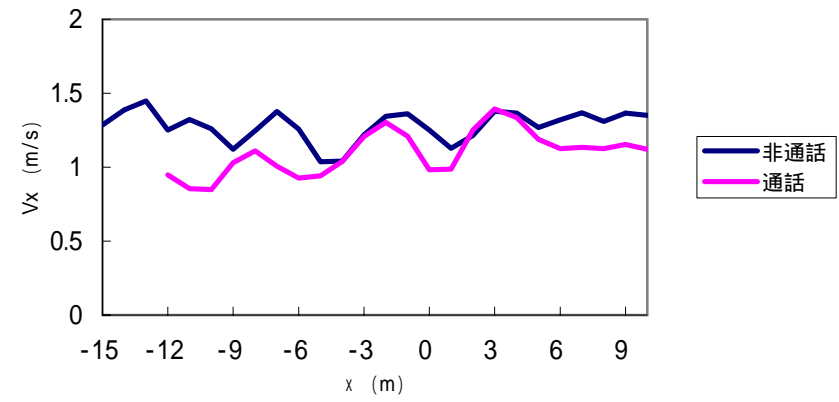
被験者3 V_y



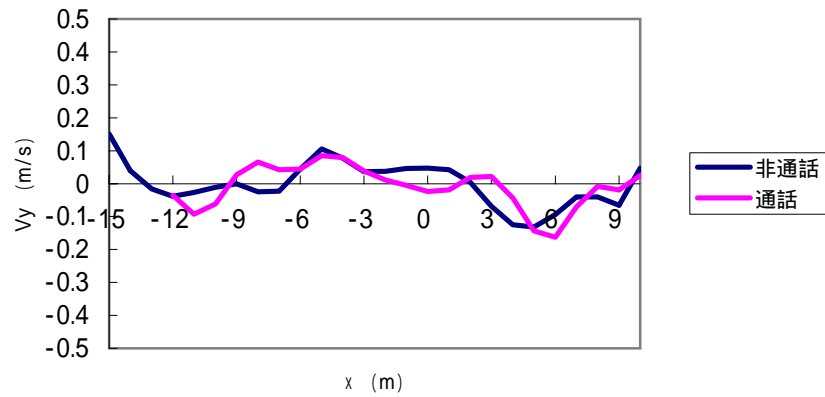
被験者4 軌跡



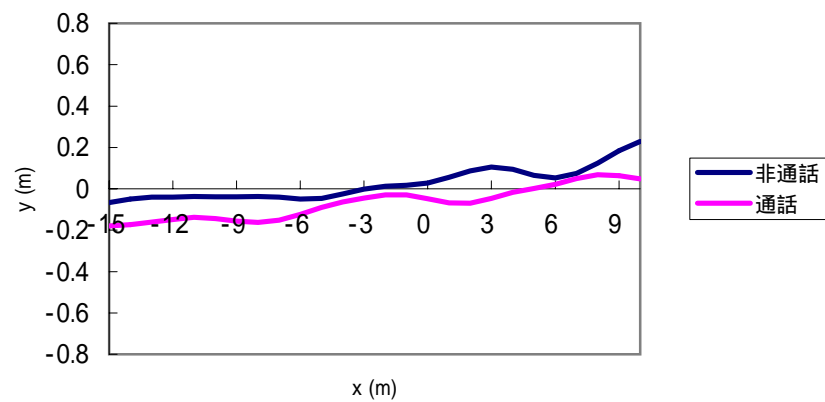
被験者4 V_x



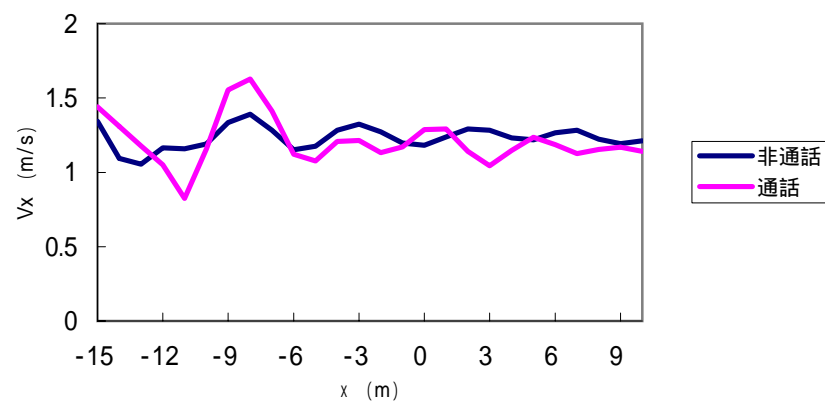
被験者4 V_y



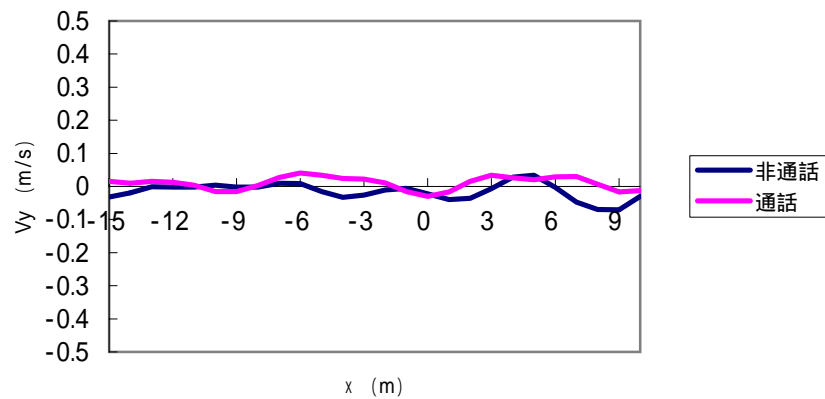
被験者5 軌跡



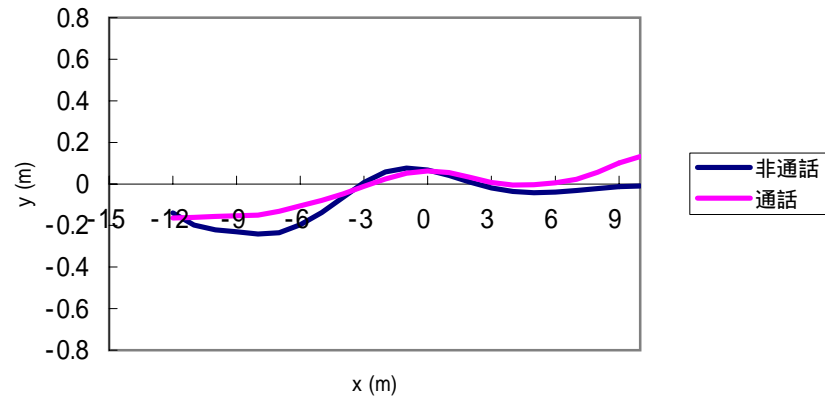
被験者5 V_x



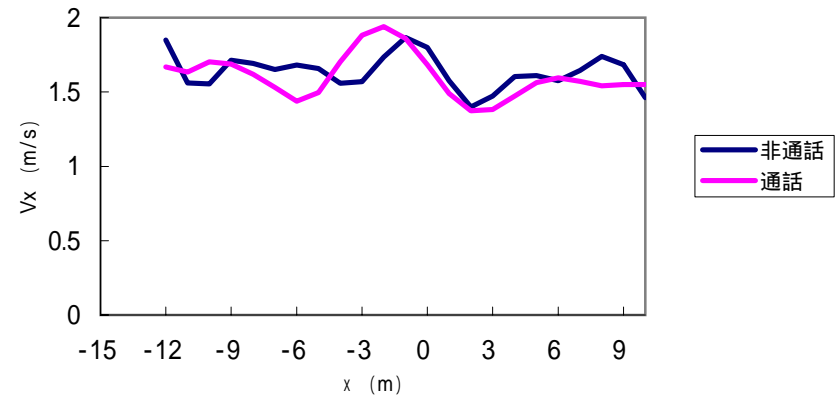
被験者5 V_y



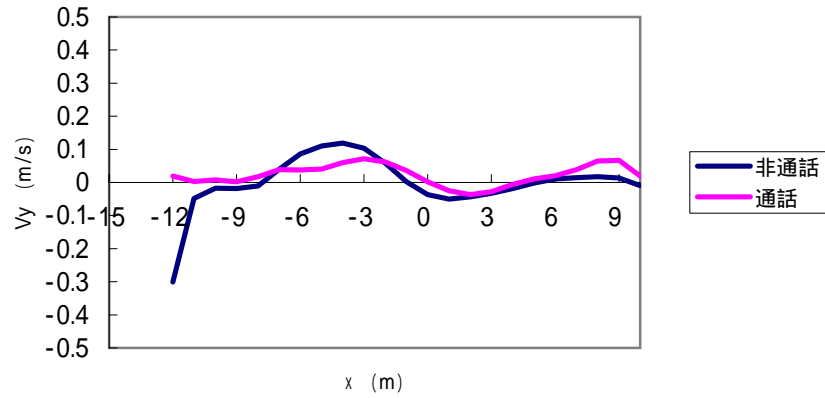
被験者6 軌跡



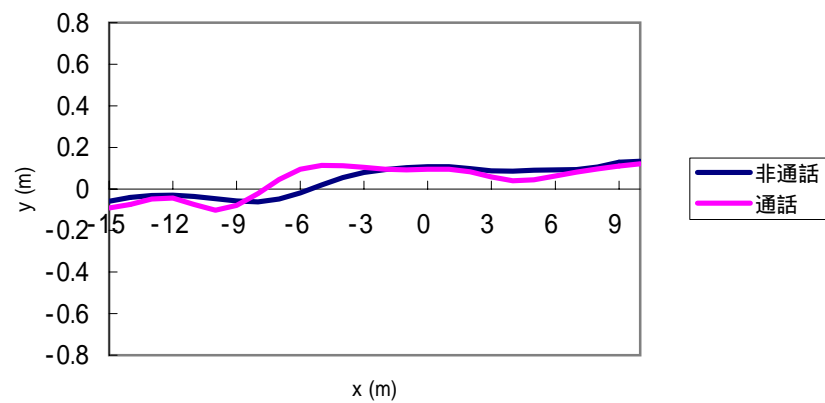
被験者6 V_x



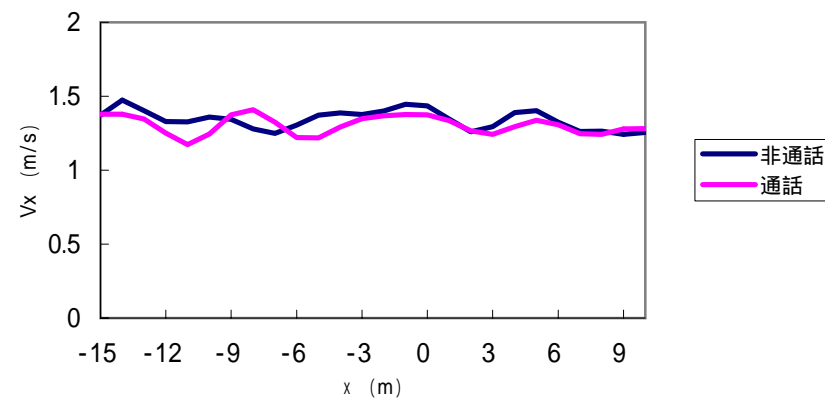
被験者6 V_y



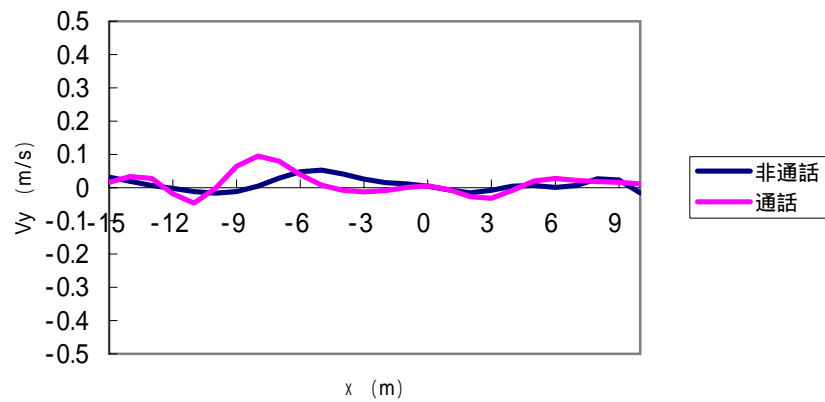
被験者7 軌跡



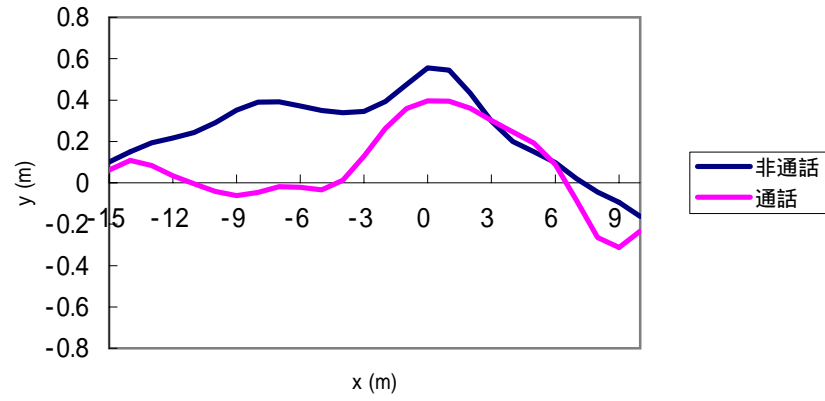
被験者7 V_x



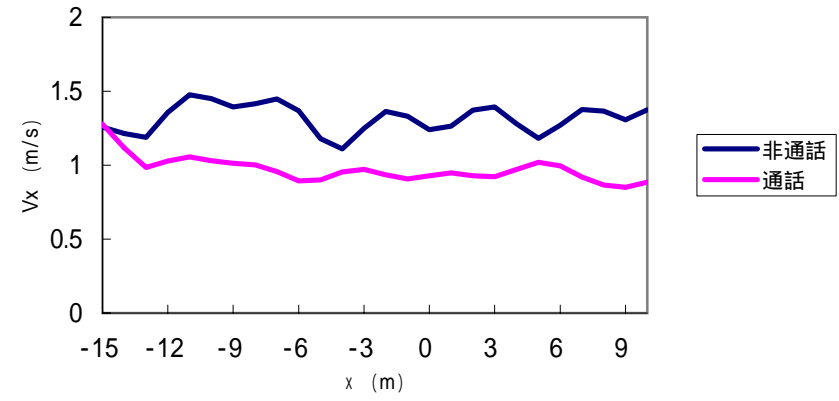
被験者7 V_y



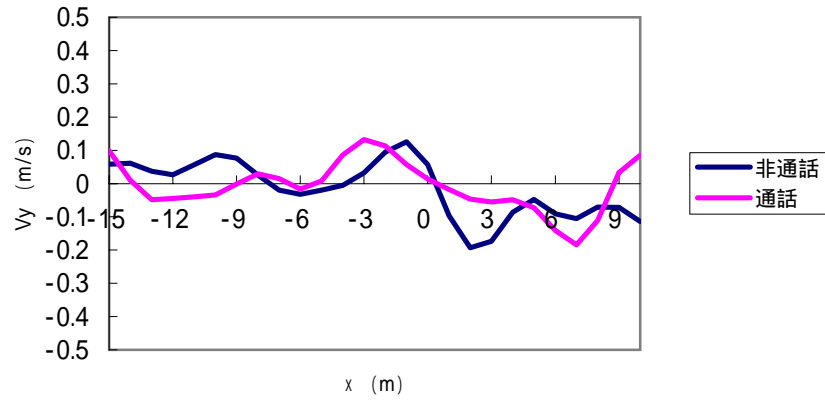
被験者8 軌跡



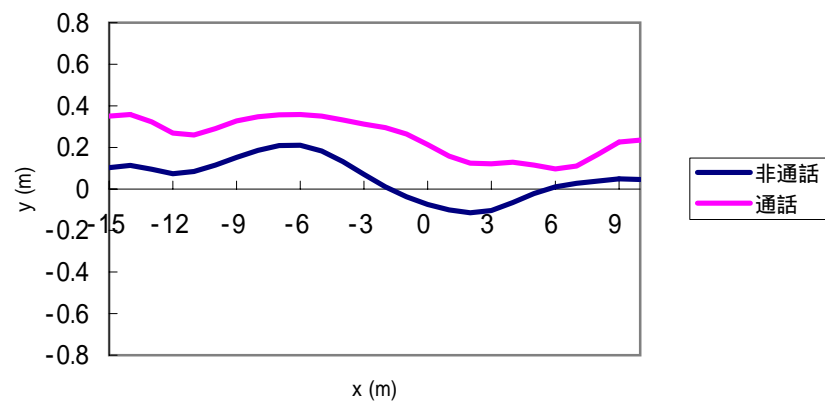
被験者8 V_x



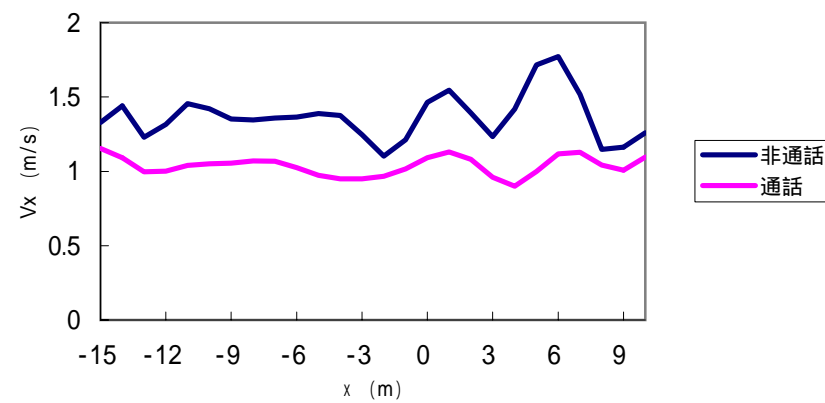
被験者8 V_y



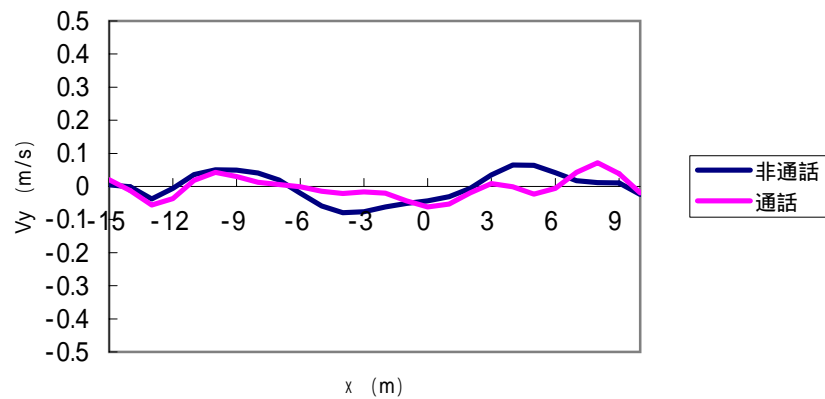
被験者9 軌跡



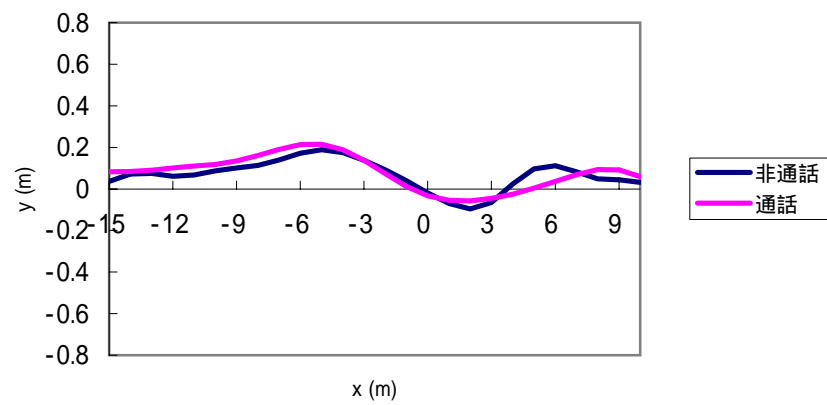
被験者9 V_x



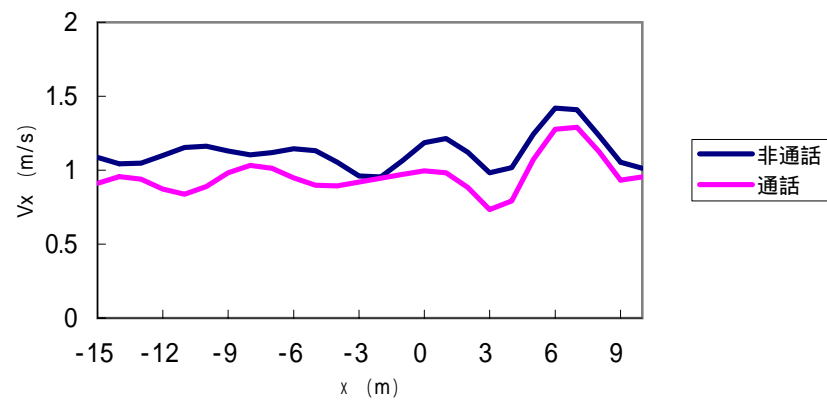
被験者9 V_y



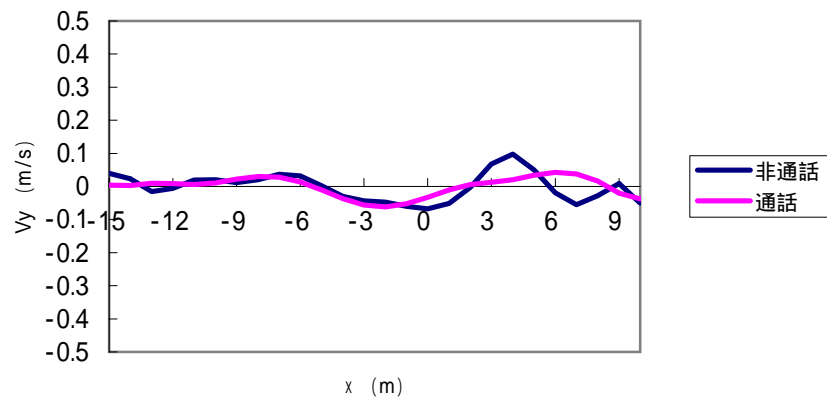
被験者10 軌跡



被験者10 V_x



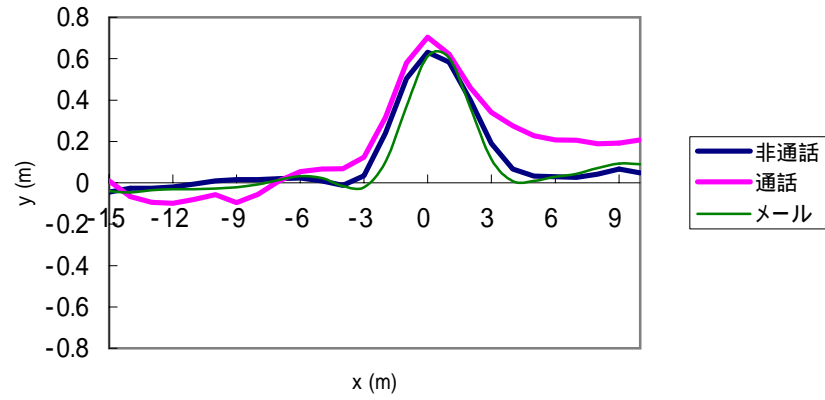
被験者10 V_y



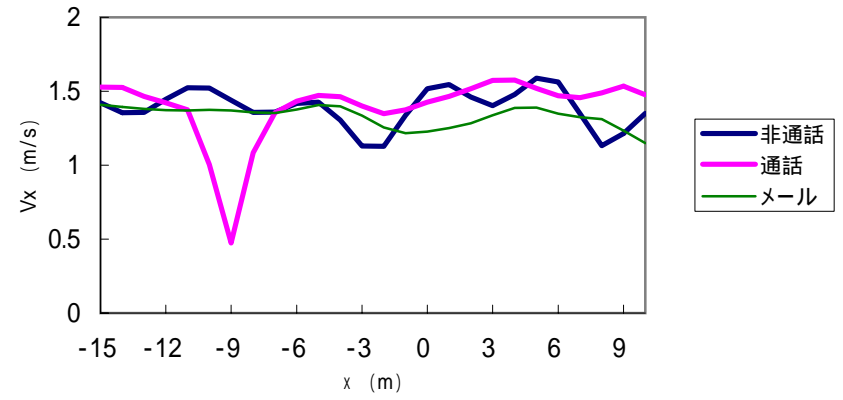
実験 2

直前で動き出す障害物に対する回避行動

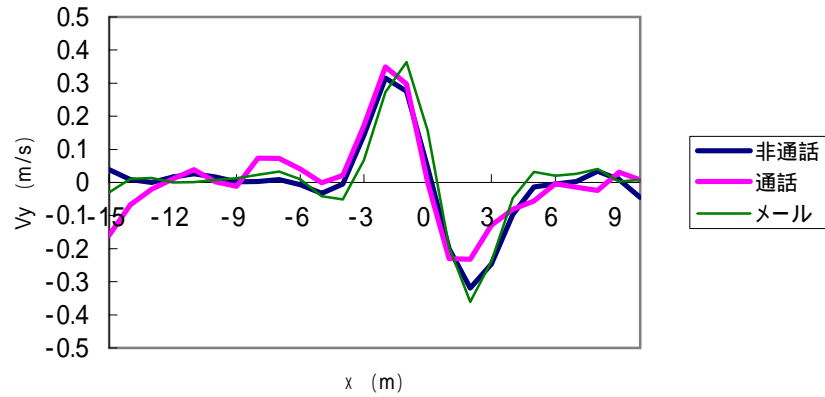
被験者1 軌跡



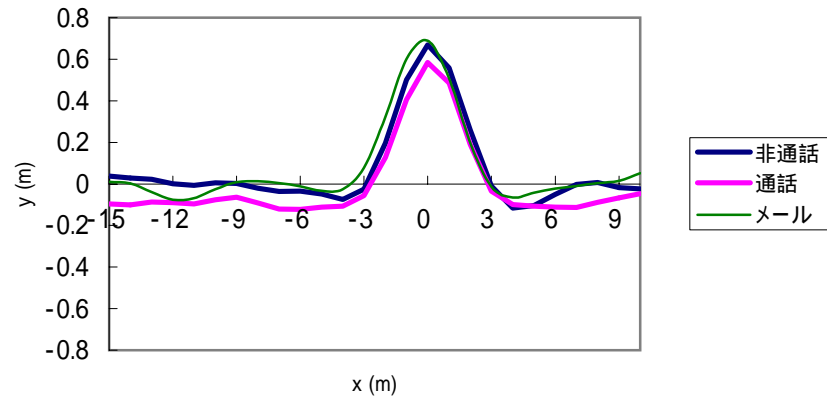
被験者1 V_x



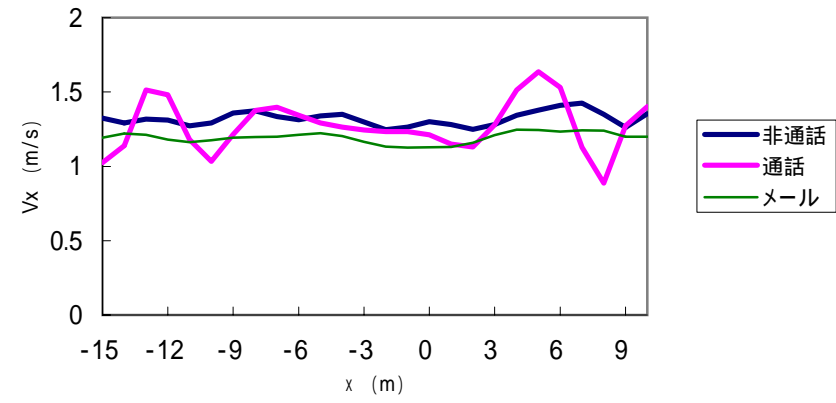
被験者1 V_y



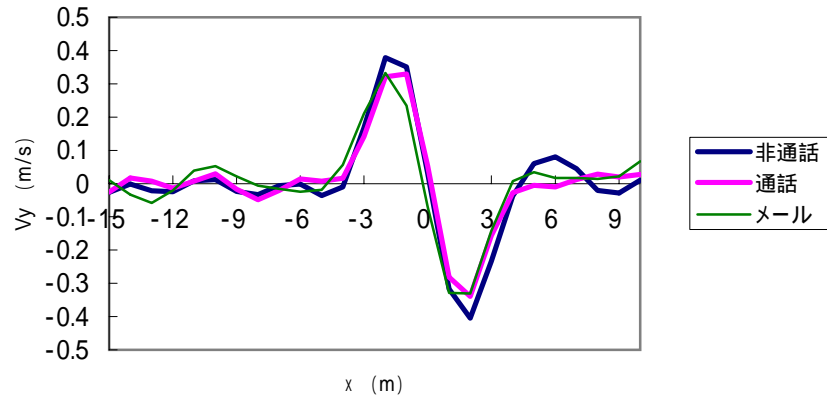
被験者2 軌跡



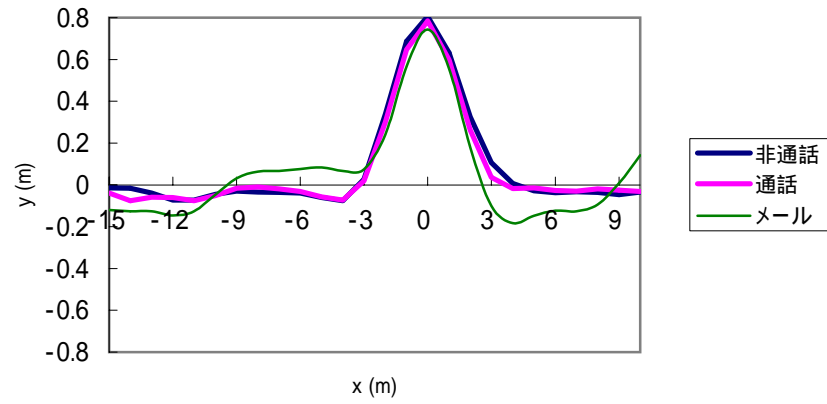
被験者2 V_x



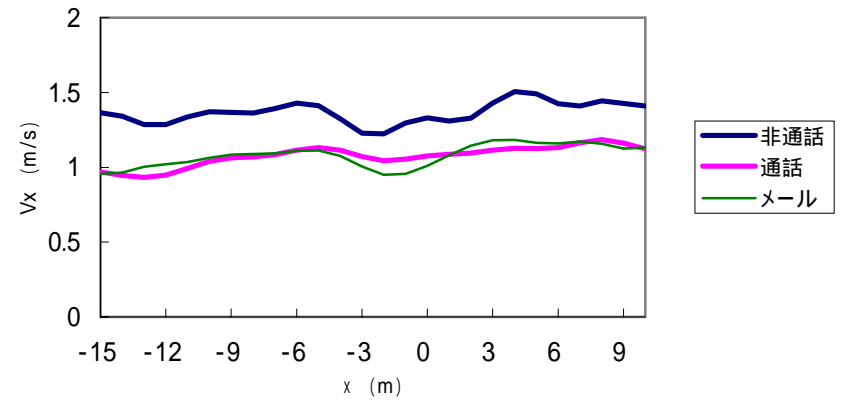
被験者2 V_y



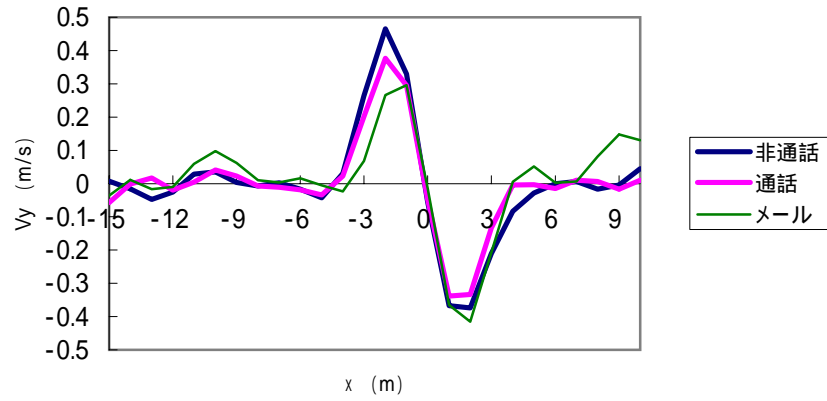
被験者3 軌跡



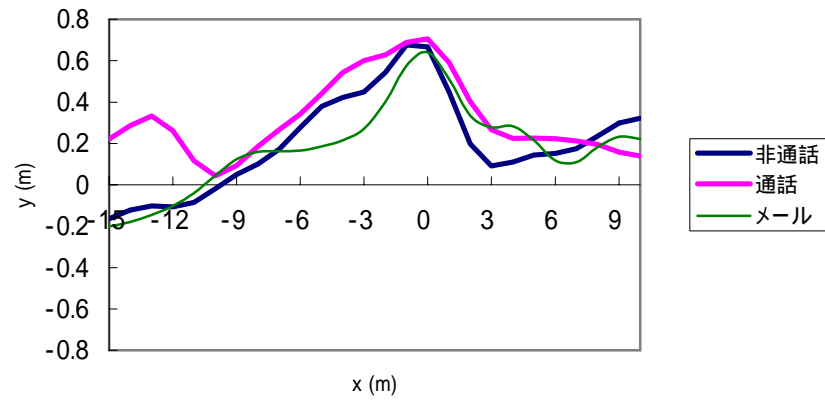
被験者3 V_x



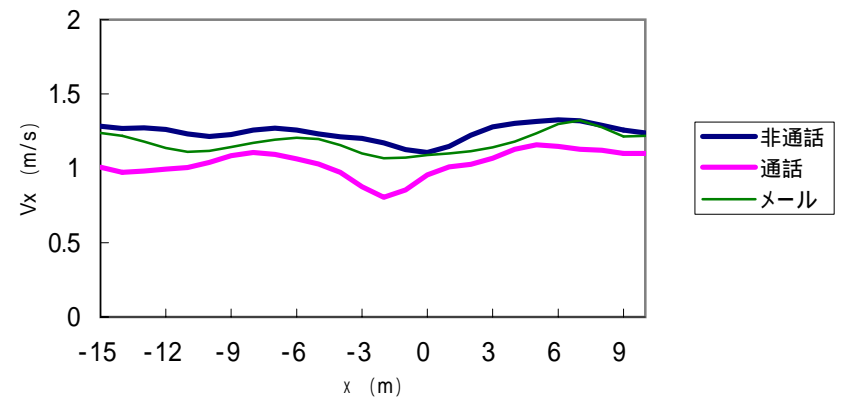
被験者3 V_y



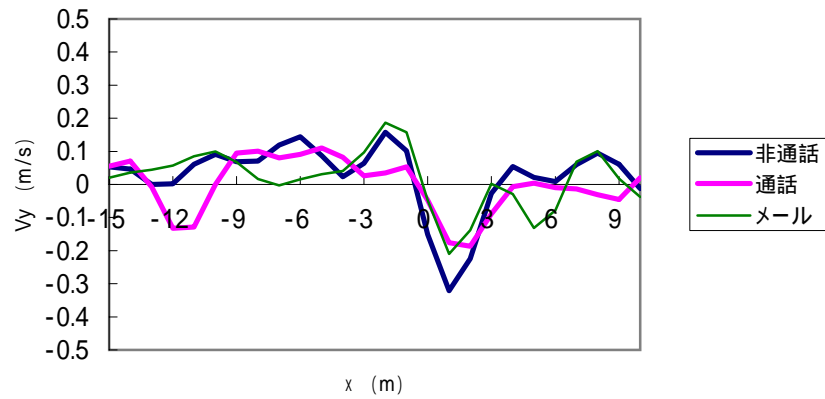
被験者4 軌跡



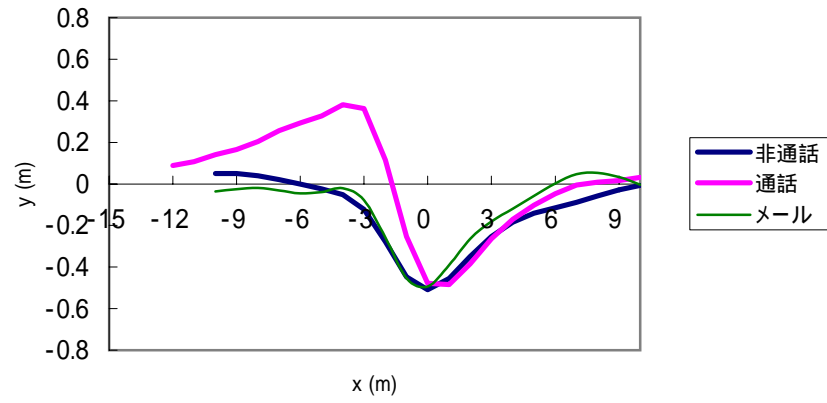
被験者4 V_x



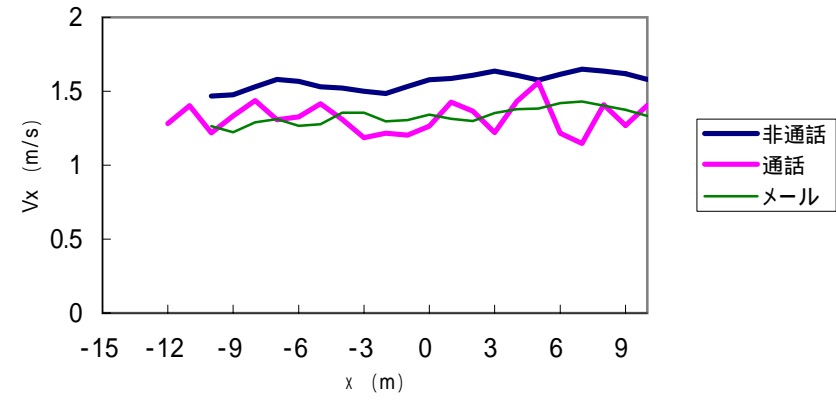
被験者4 V_y



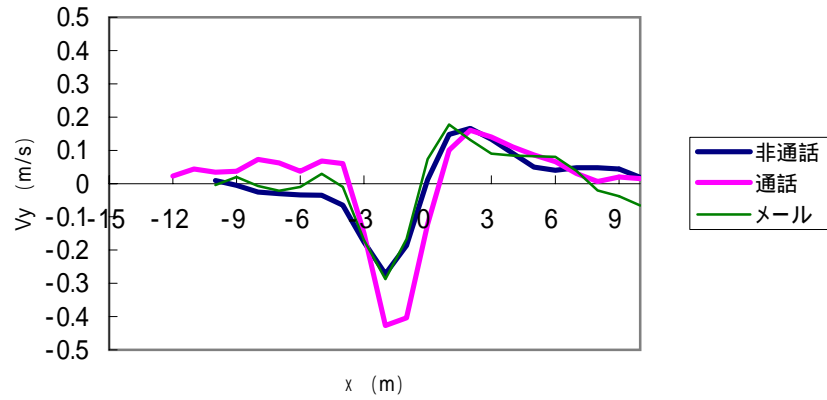
被験者5 軌跡



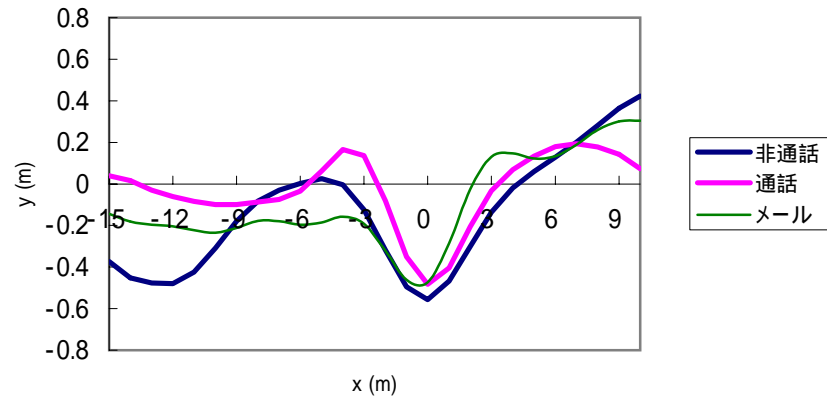
被験者5 V_x



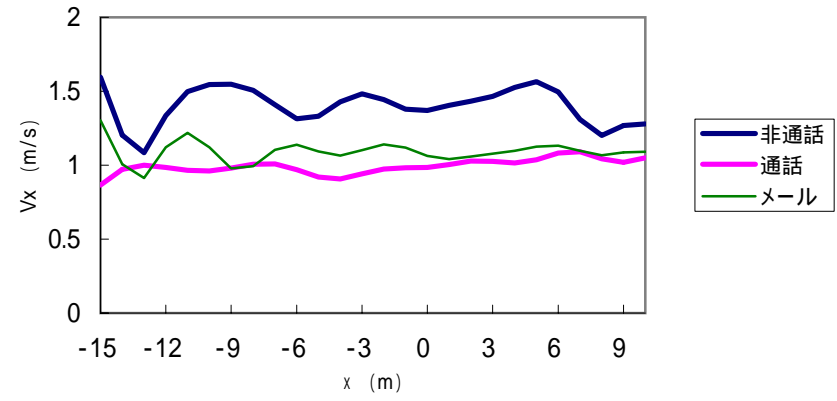
被験者5 V_y



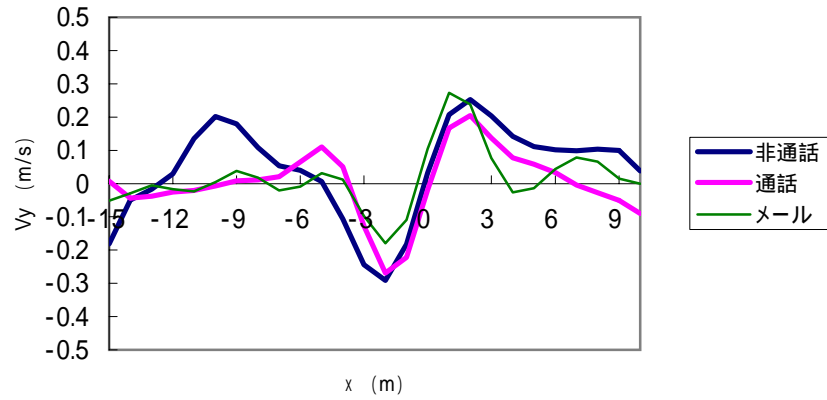
被験者6 軌跡



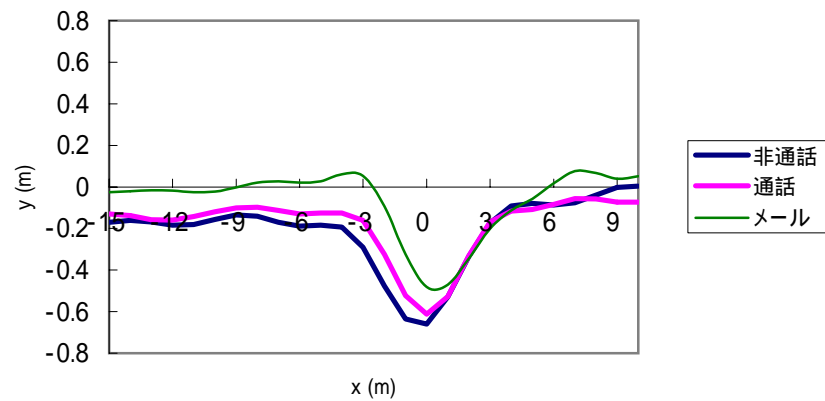
被験者6 V_x



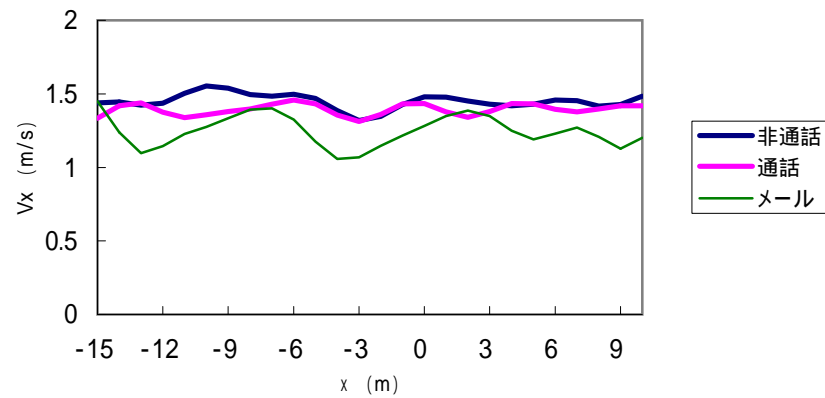
被験者6 V_y



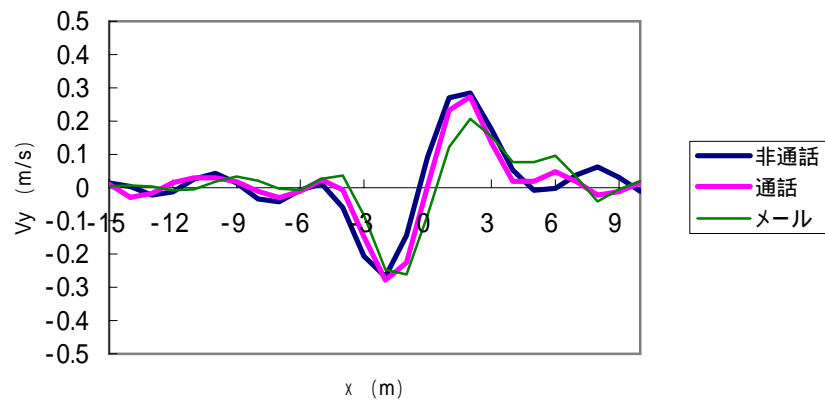
被験者7 軌跡



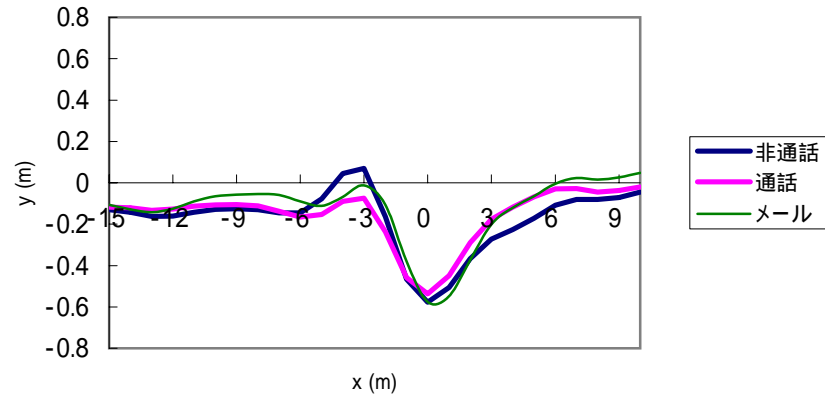
被験者7 V_x



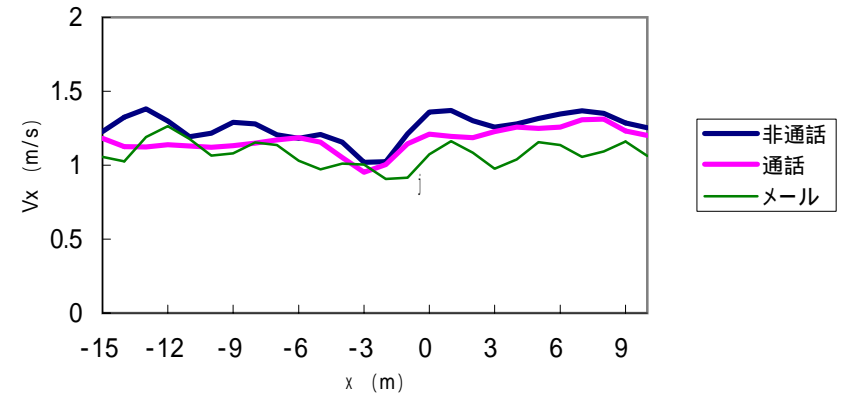
被験者7 V_y



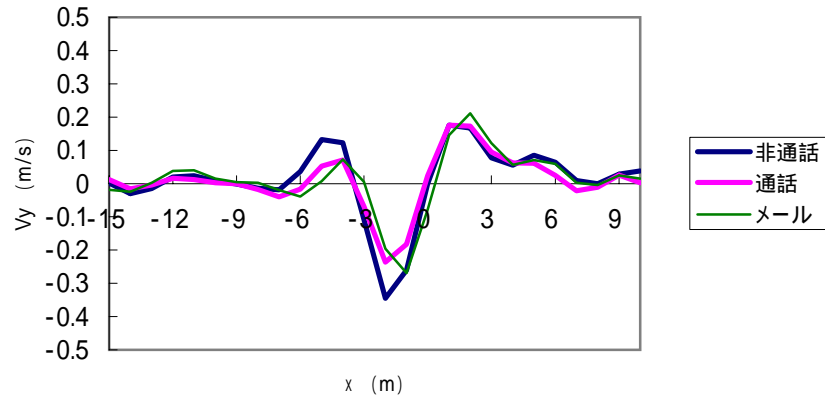
被験者8 軌跡



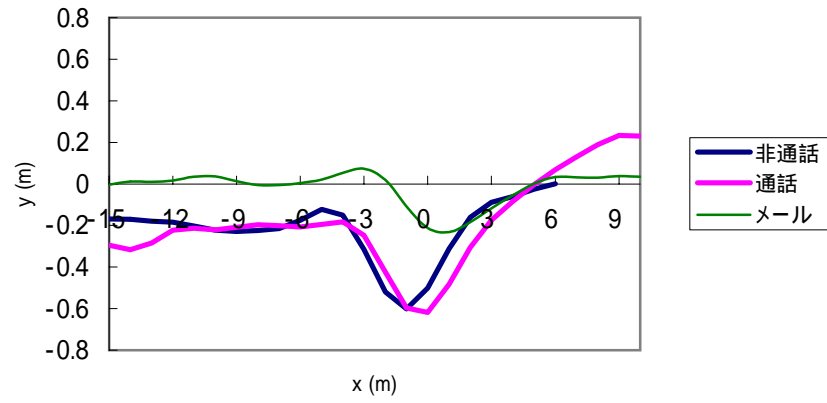
被験者8 V_x



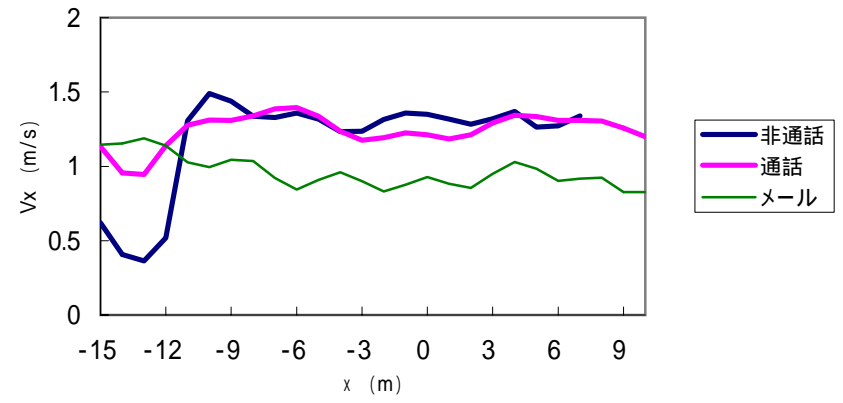
被験者8 V_y



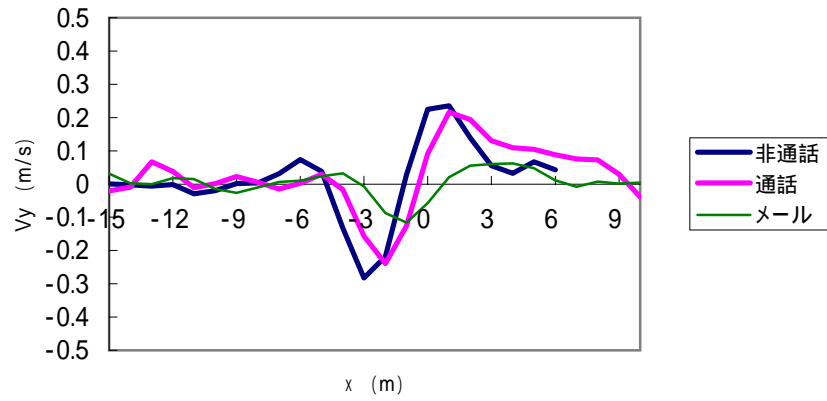
被験者9 軌跡



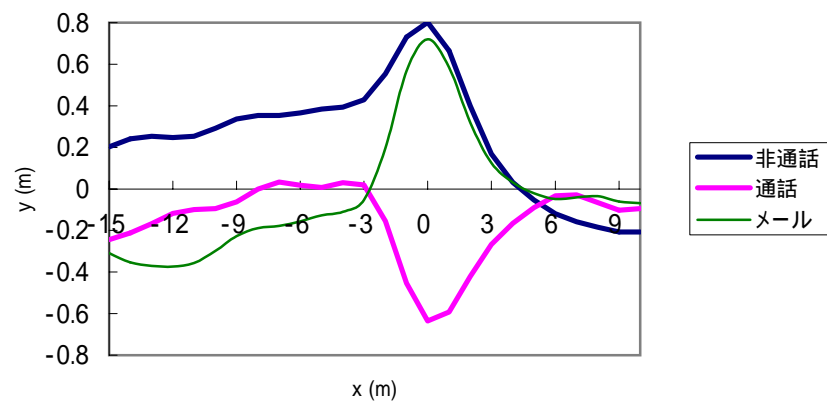
被験者9 V_x



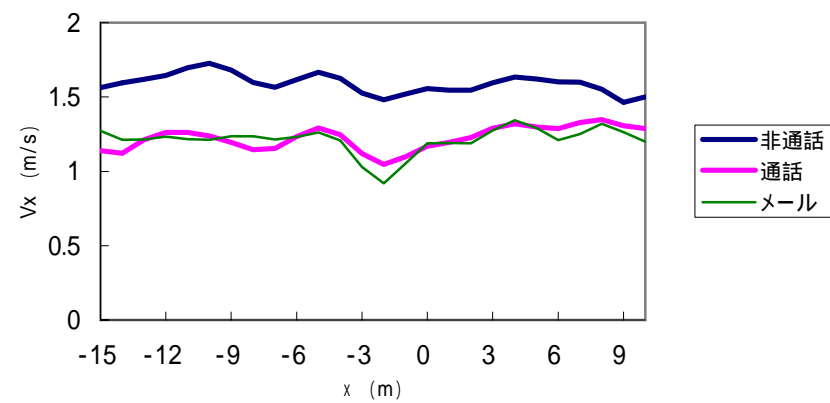
被験者9 V_y



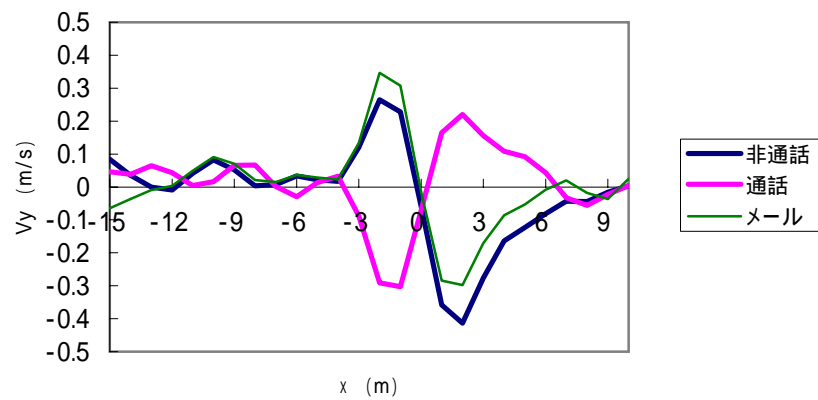
被験者10 軌跡



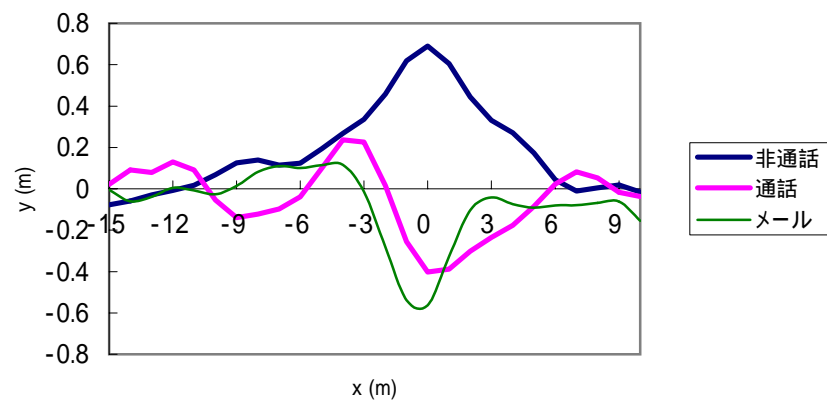
被験者10 V_x



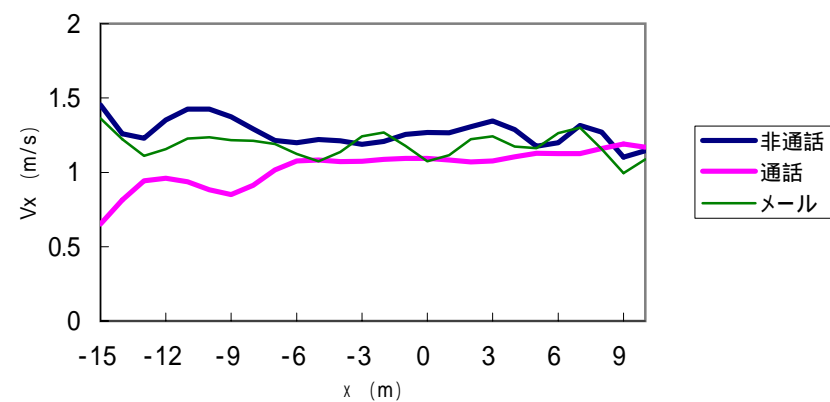
被験者10 V_y



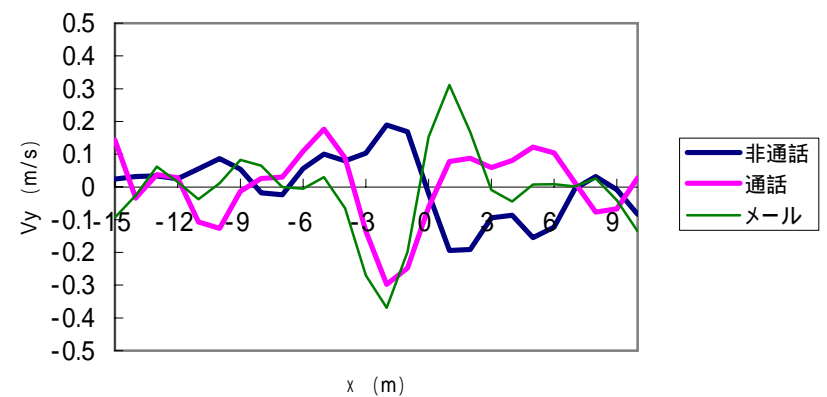
被験者11 軌跡



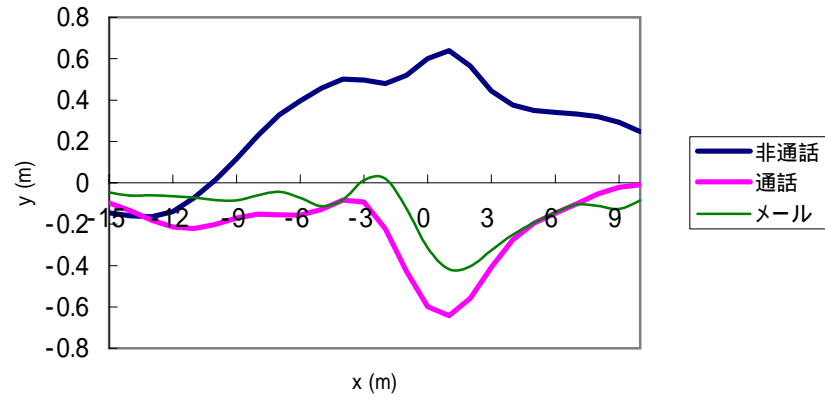
被験者11 Vx



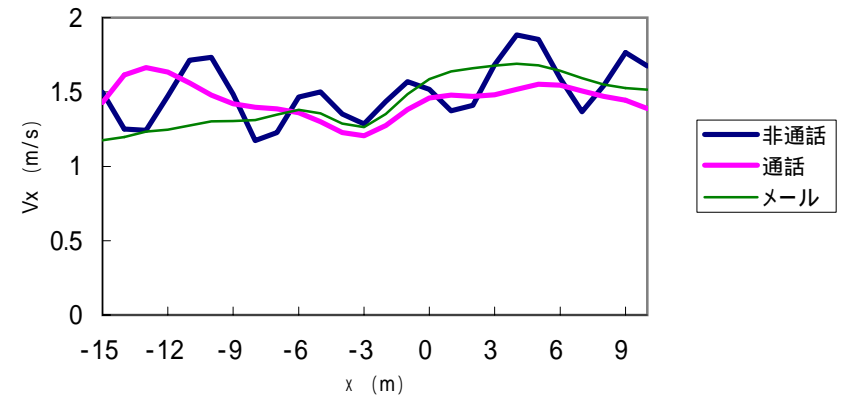
被験者11 Vy



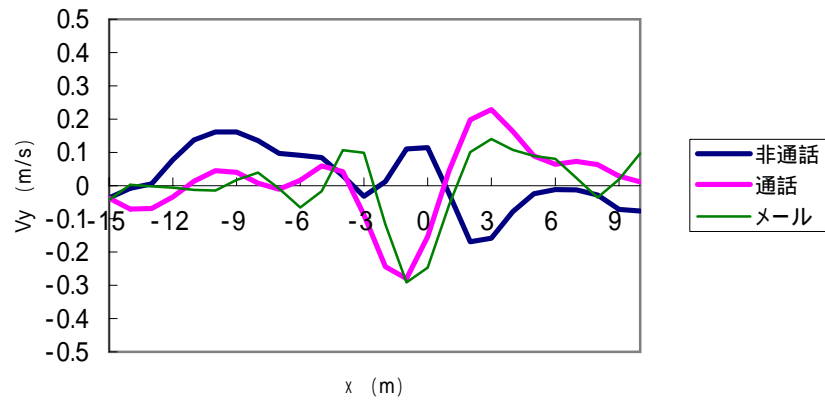
被験者12 軌跡



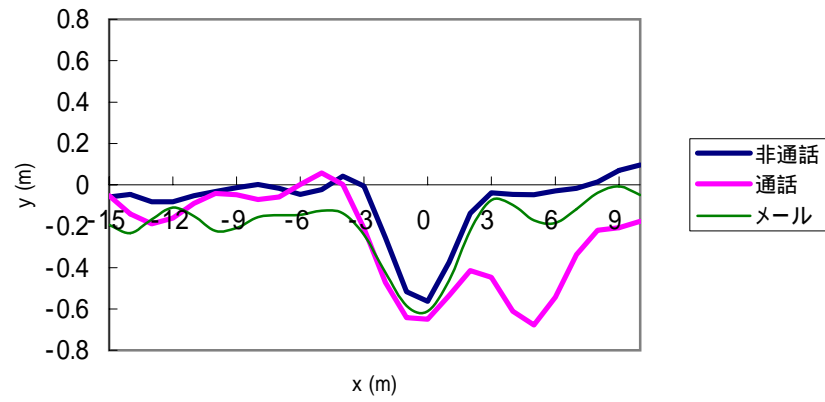
被験者12 Vx



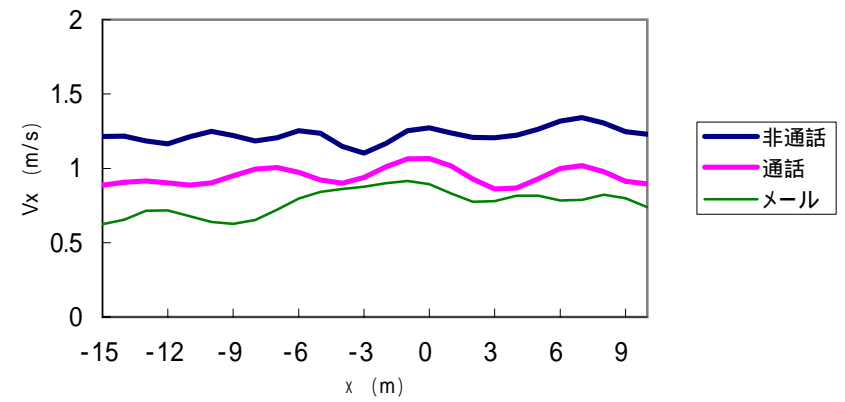
被験者12 Vy



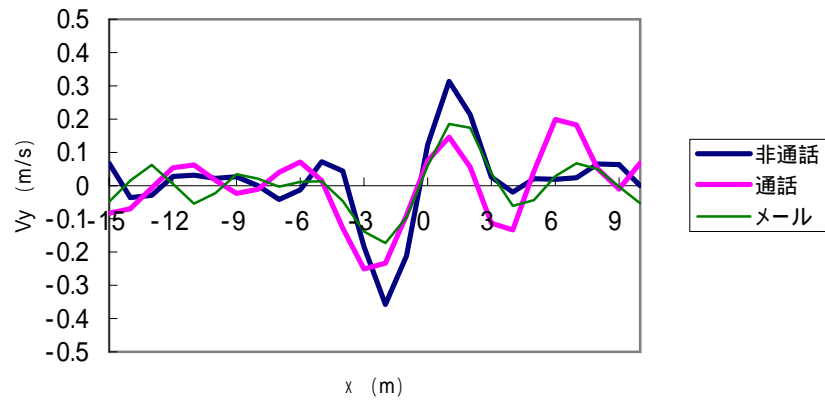
被験者13 軌跡



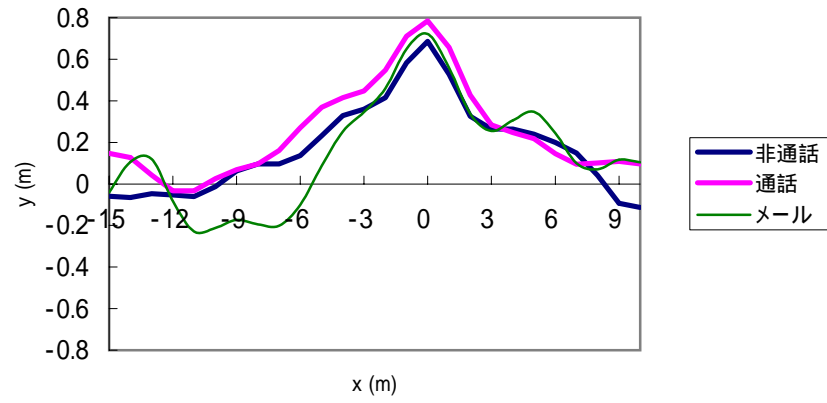
被験者13 Vx



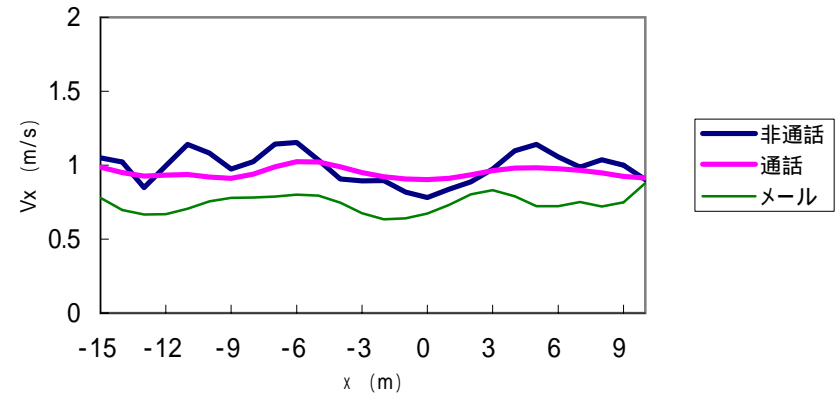
被験者13 Vy



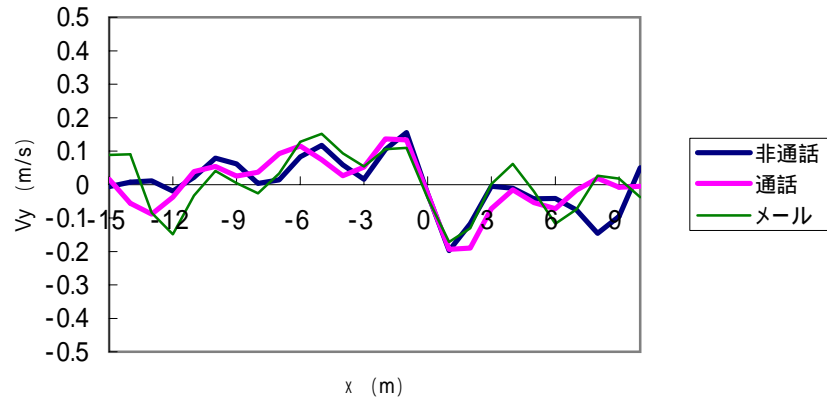
被験者14 軌跡



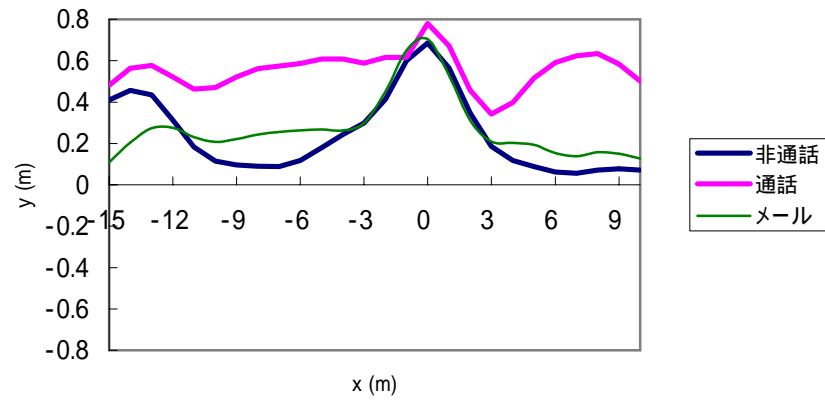
被験者14 V_x



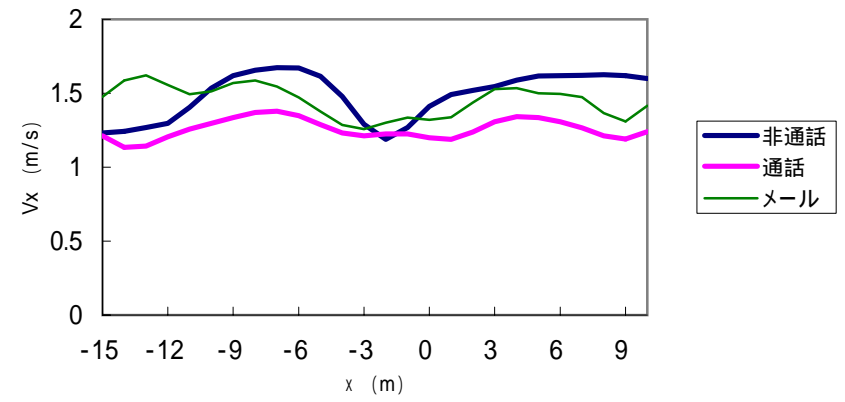
被験者14 V_y



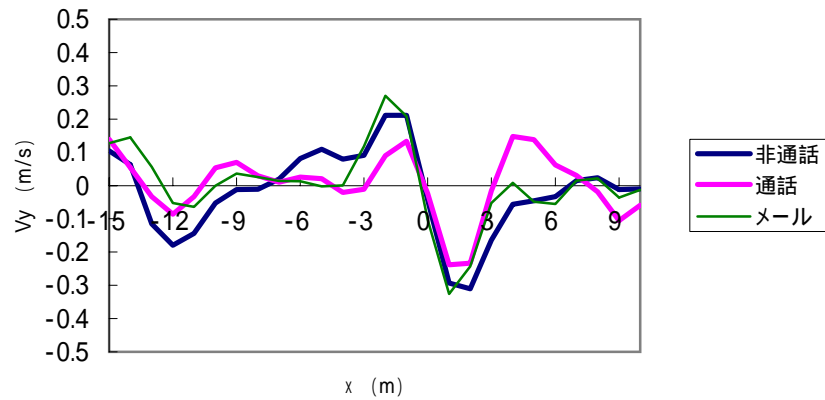
被験者15 軌跡



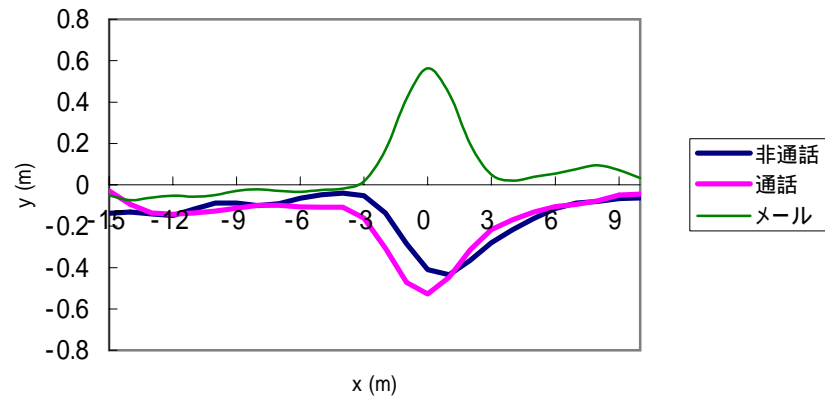
被験者15 V_x



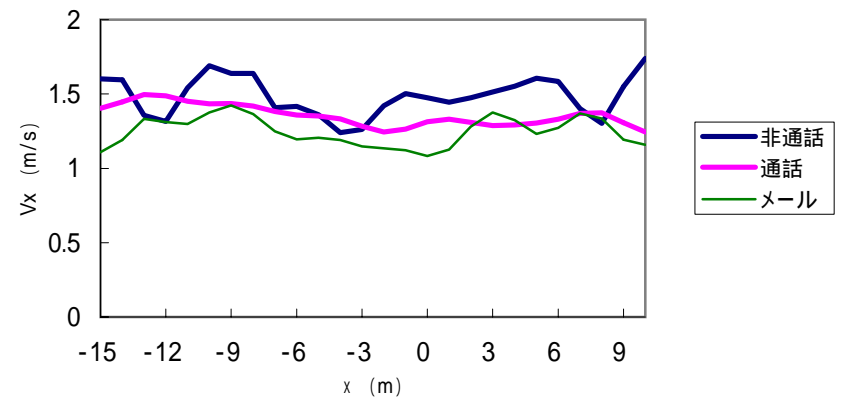
被験者15 V_y



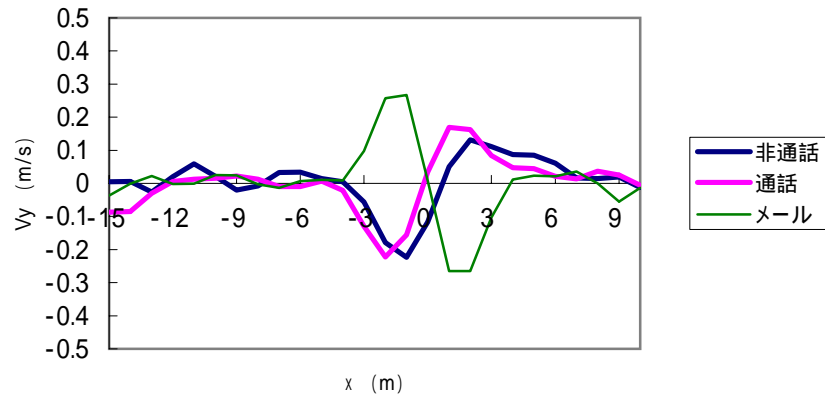
被験者16 軌跡



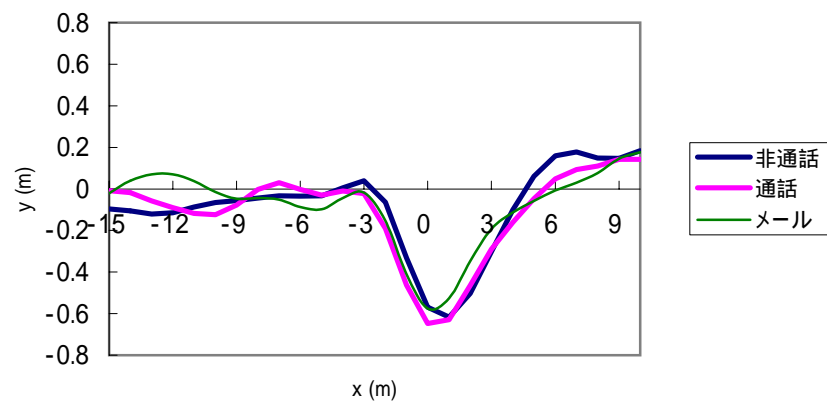
被験者16 Vx



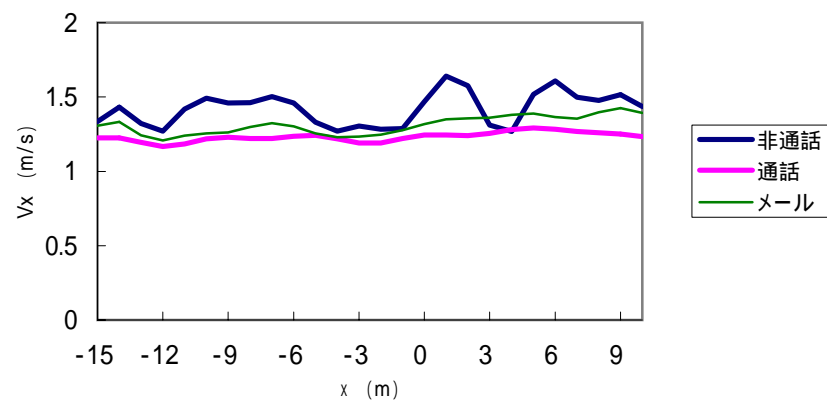
被験者16 Vy



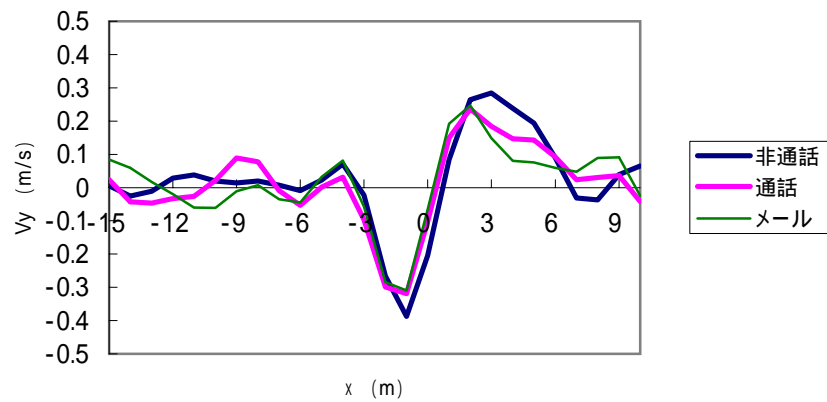
被験者17 軌跡



被験者17 V_x



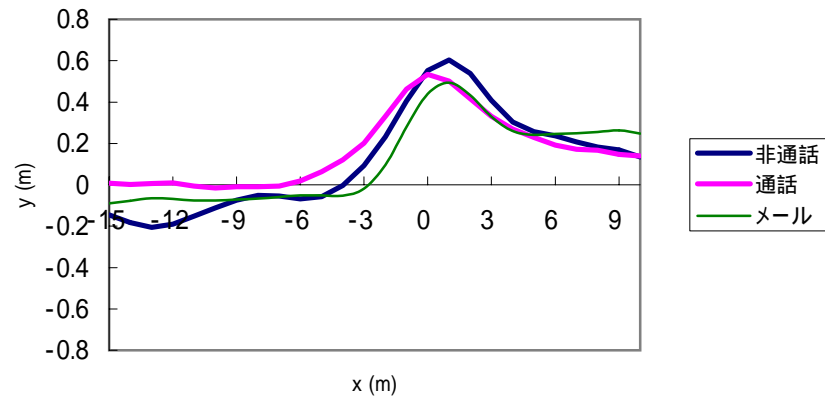
被験者17 V_y



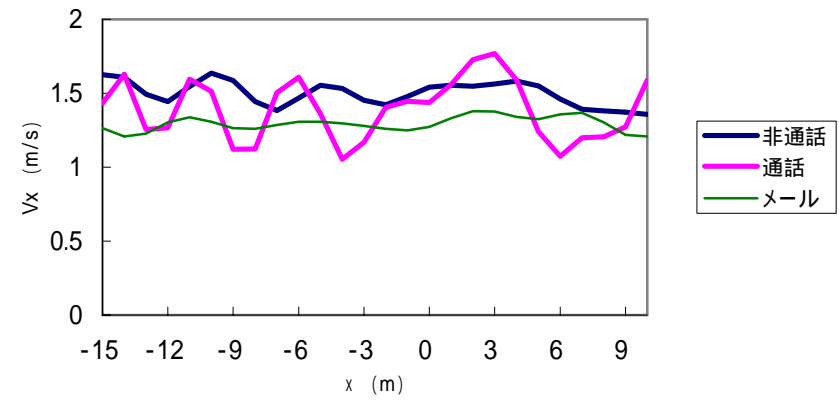
実験 3

すれ違い歩行時の回避行動

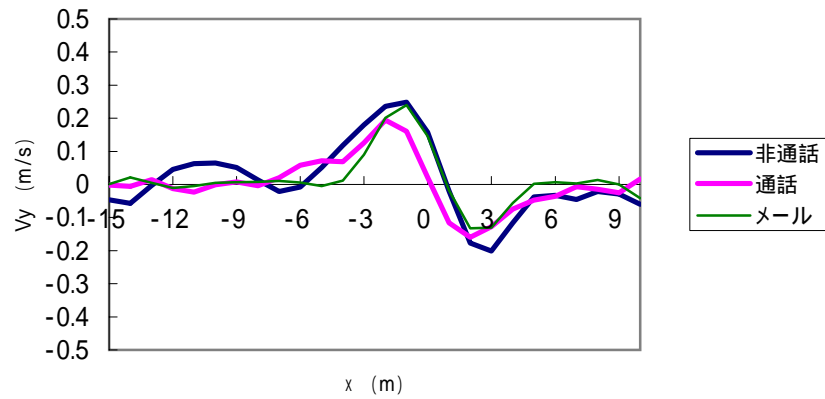
被験者1 軌跡



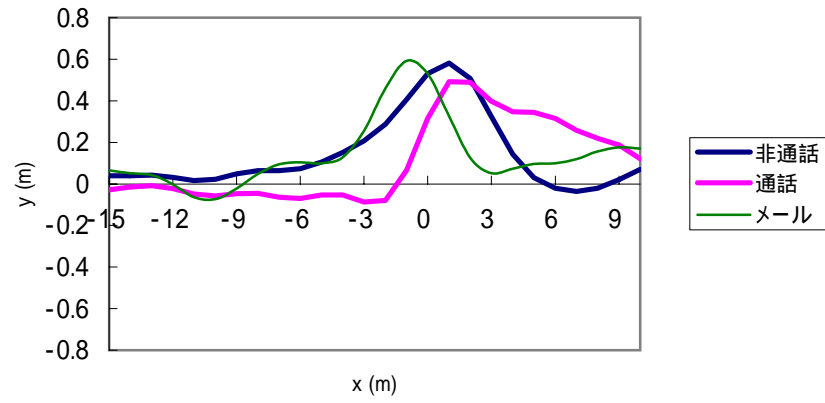
被験者1 V_x



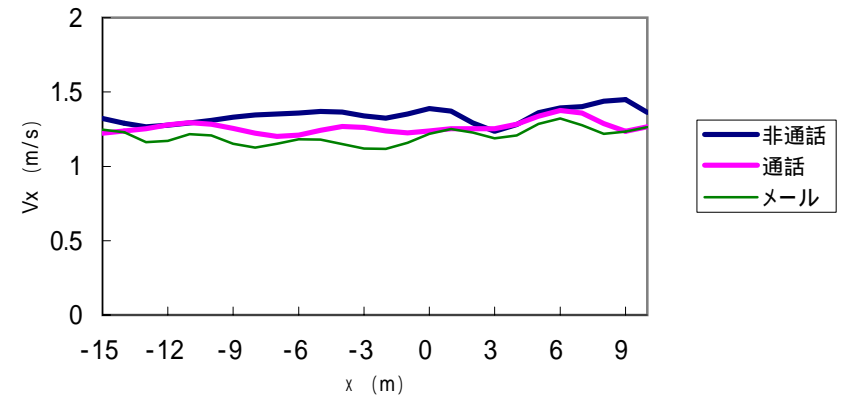
被験者1 V_y



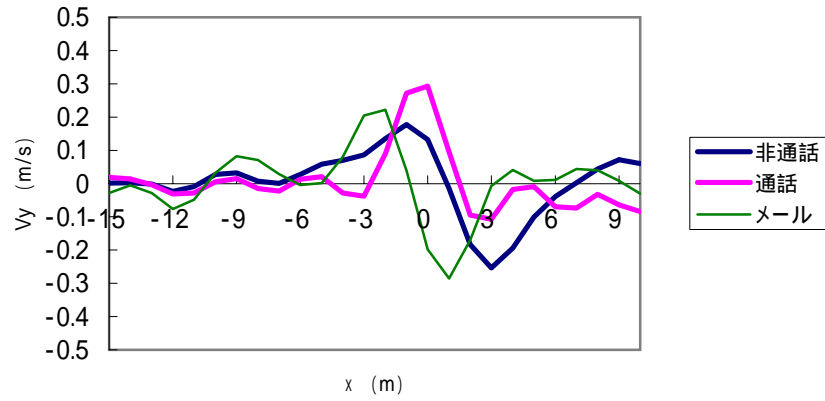
被験者2 軌跡



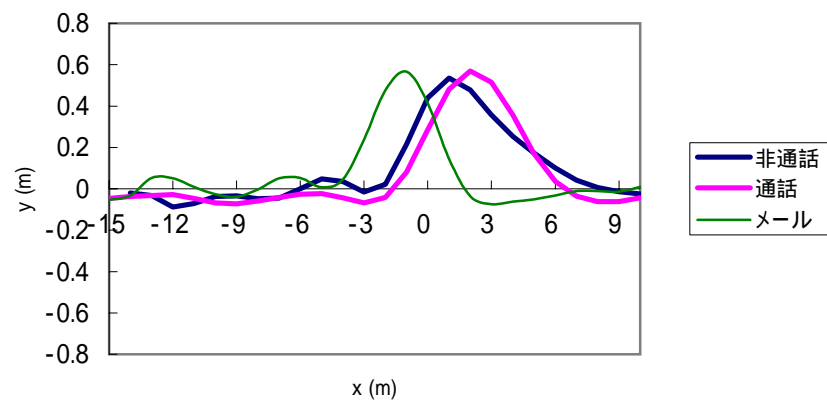
被験者2 V_x



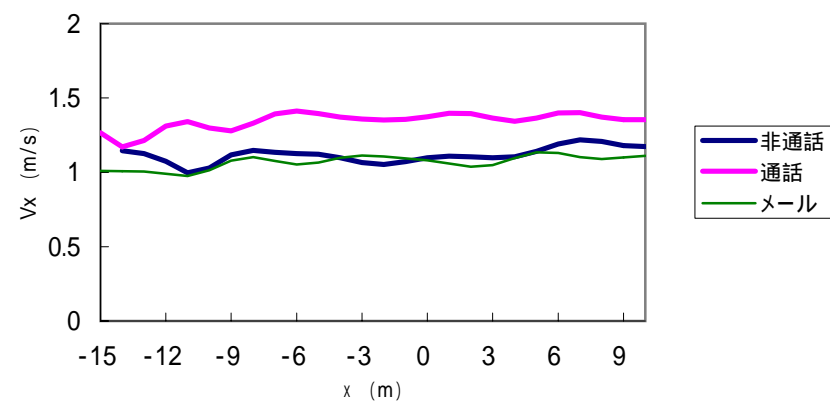
被験者2 V_y



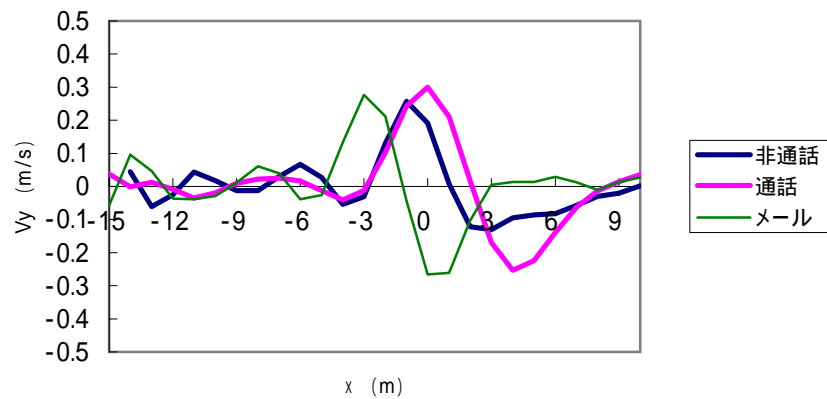
被験者3 軌跡



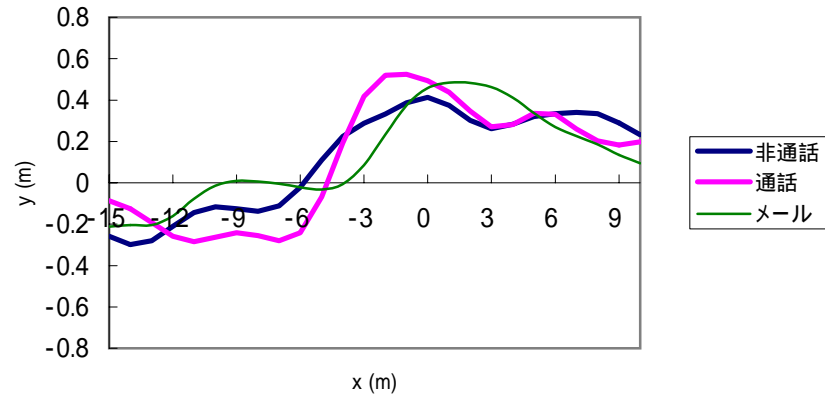
被験者3 Vx



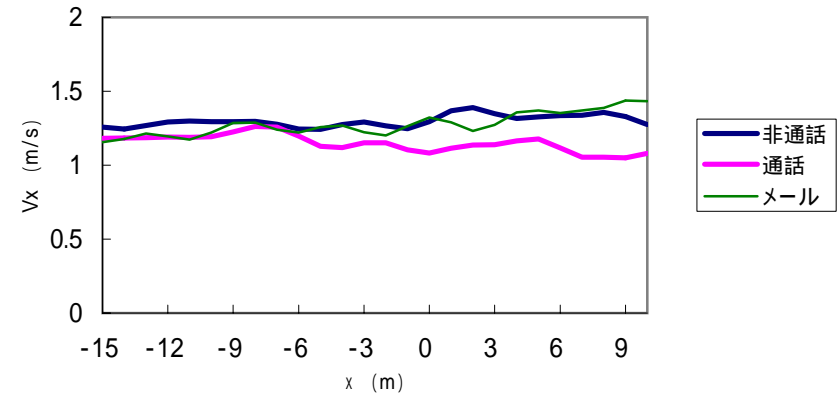
被験者3 Vy



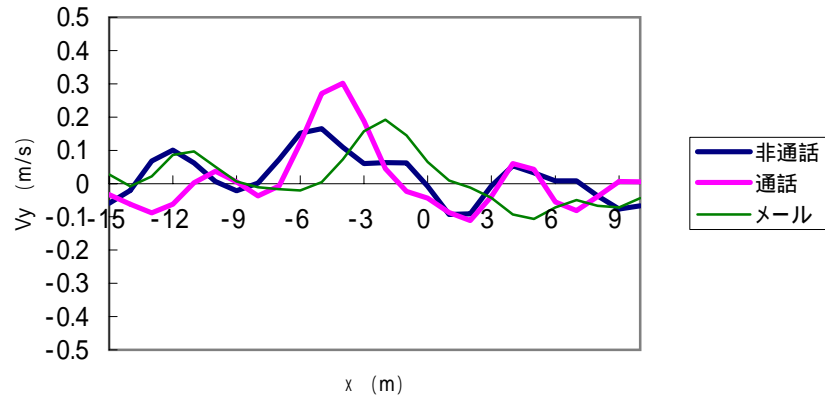
被験者4 軌跡



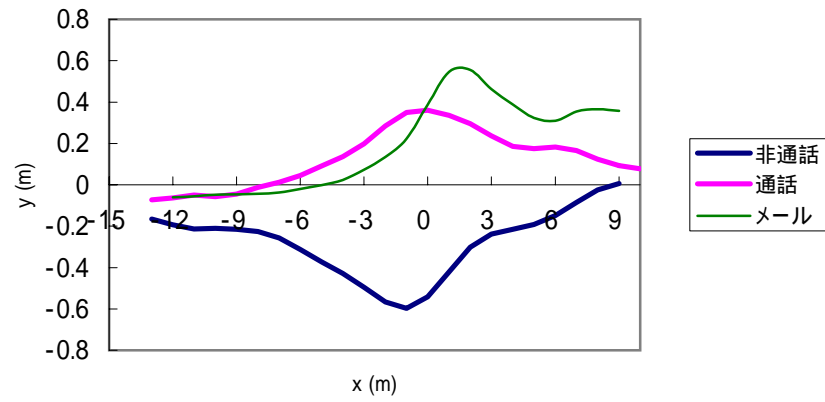
被験者4 V_x



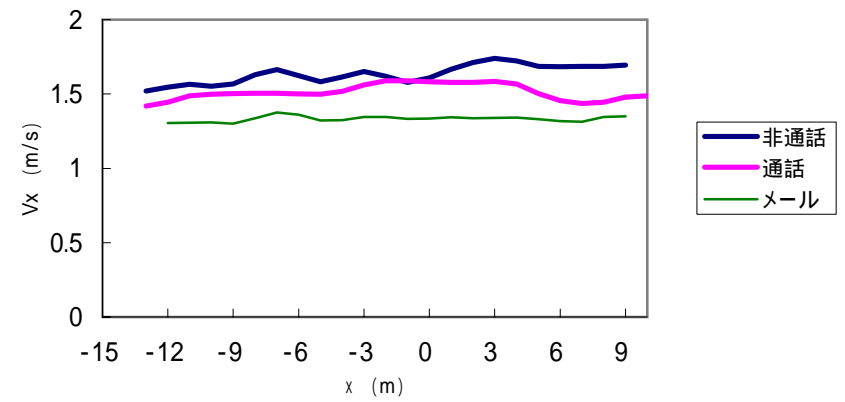
被験者4 V_y



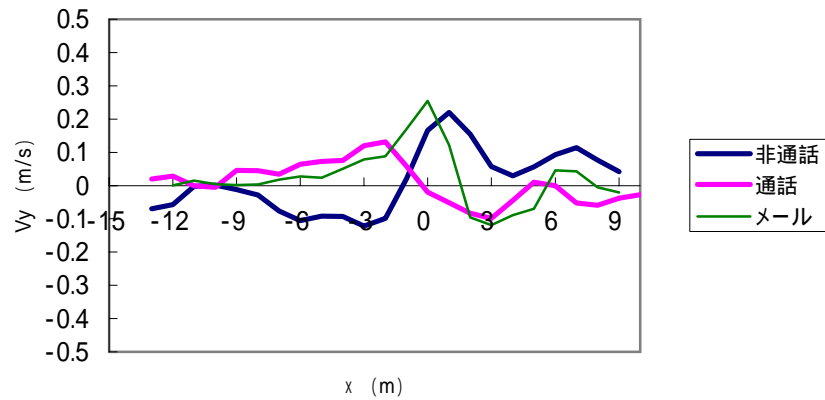
被験者5 軌跡



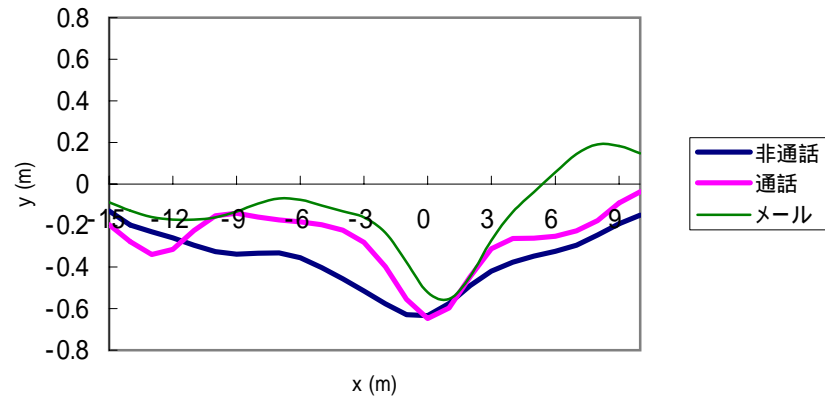
被験者5 Vx



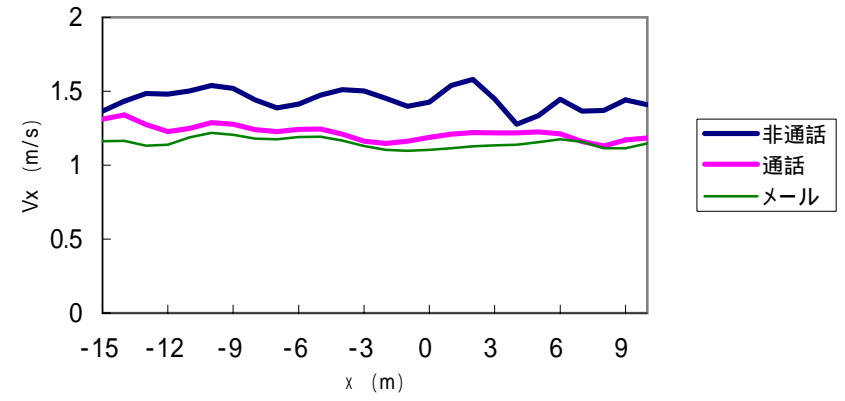
被験者5 Vy



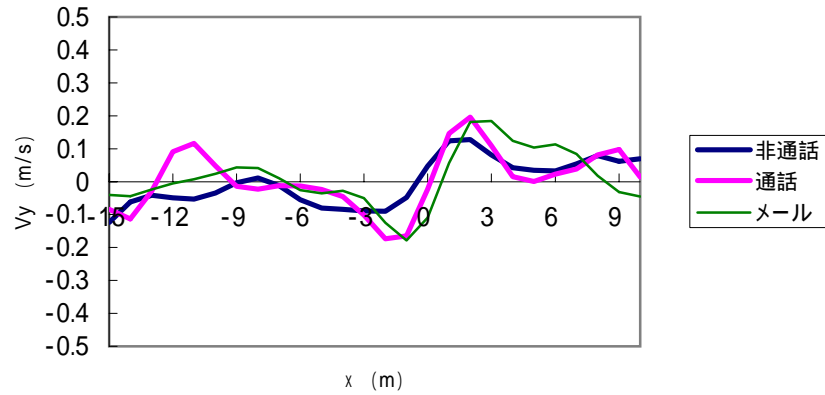
被験者6 軌跡



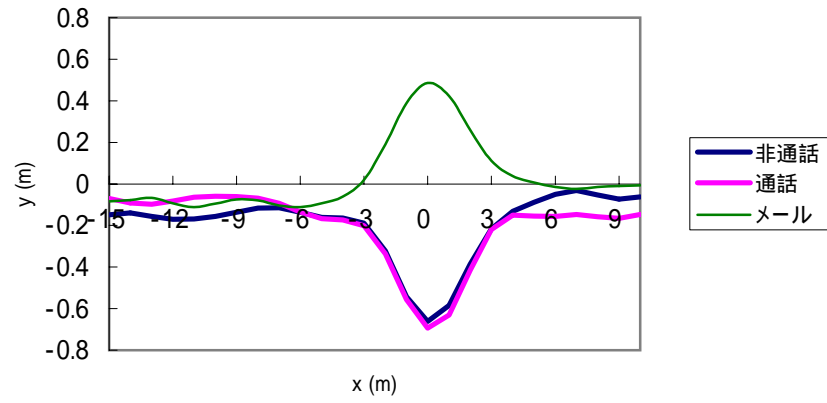
被験者6 V_x



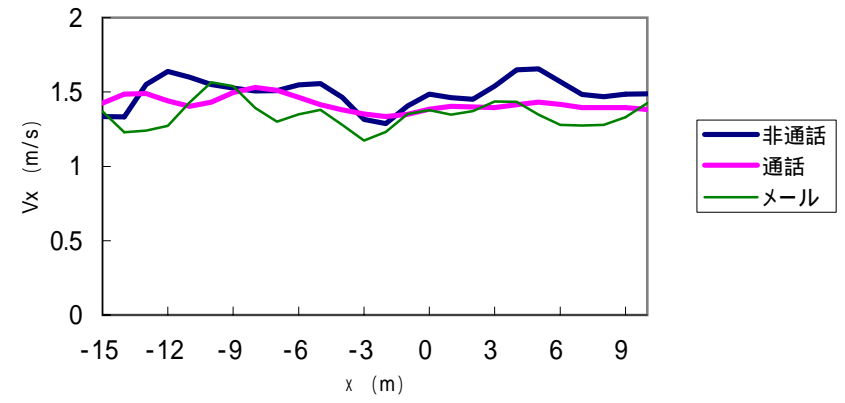
被験者6 V_y



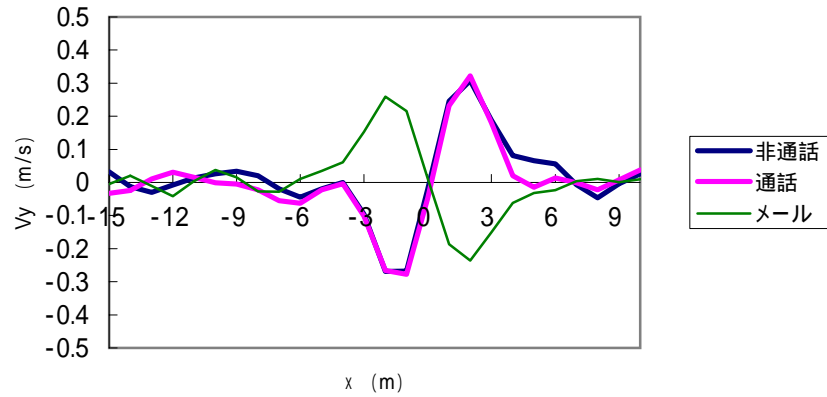
被験者7 軌跡



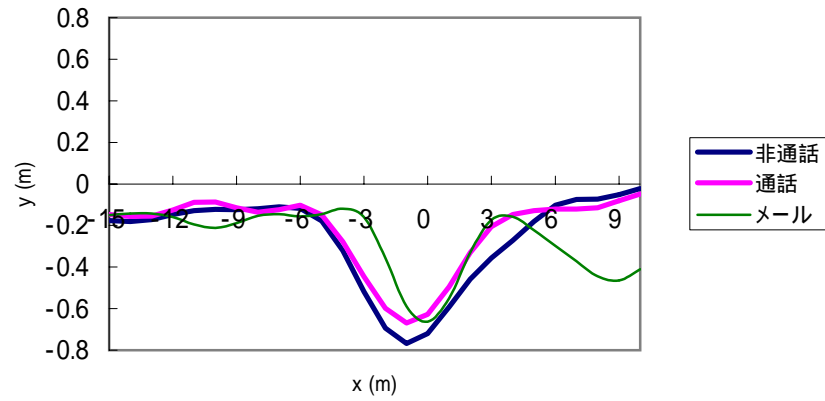
被験者7 V_x



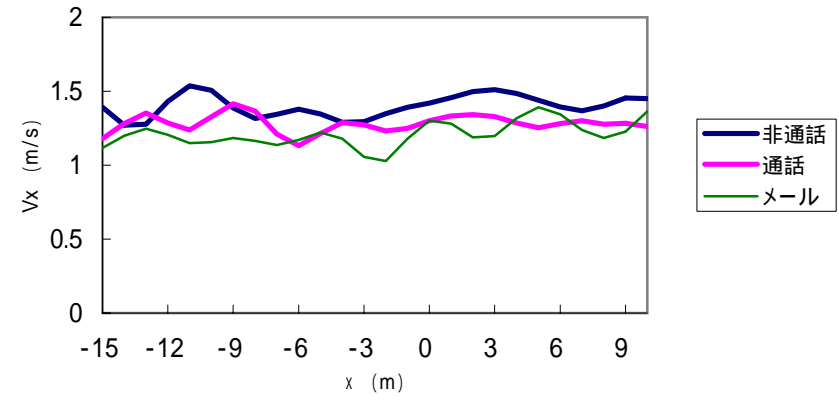
被験者7 V_y



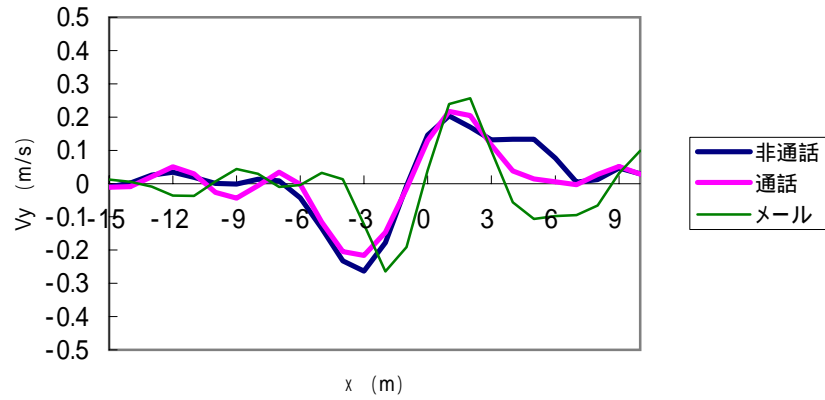
被験者8 軌跡



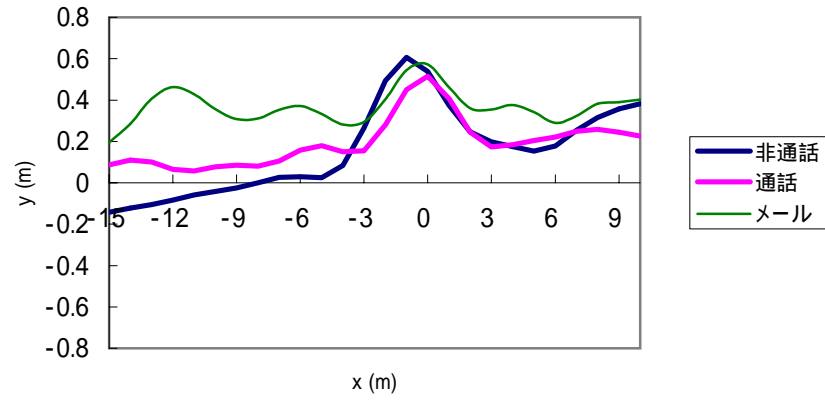
被験者8 V_x



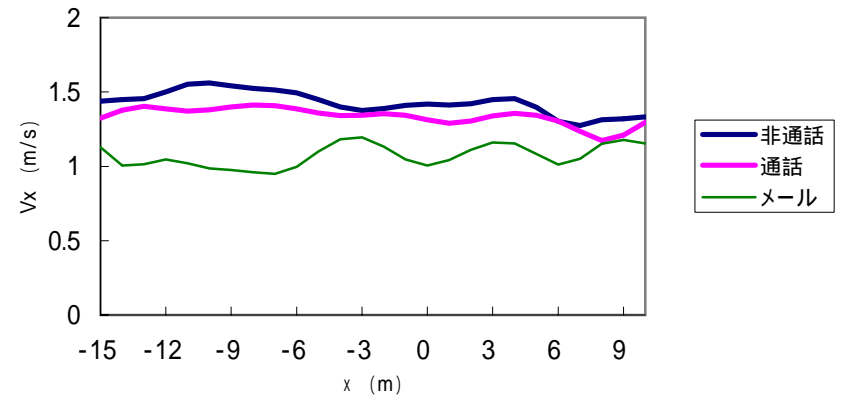
被験者8 V_y



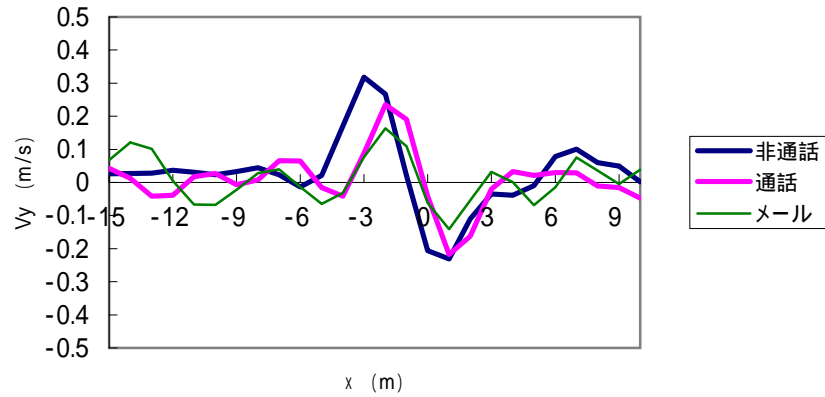
被験者9 軌跡



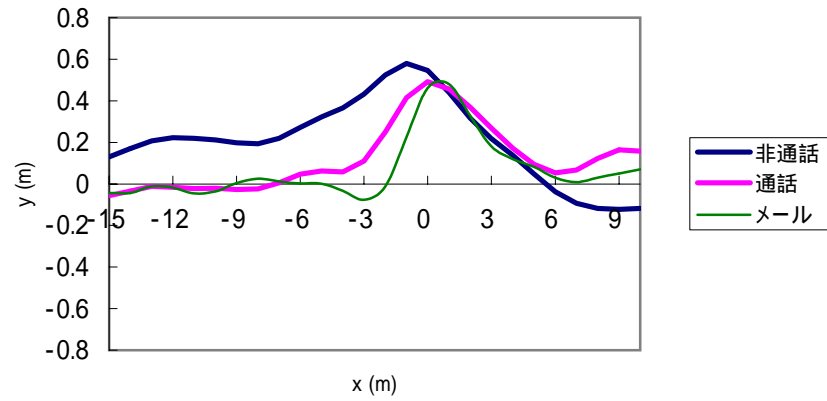
被験者9 V_x



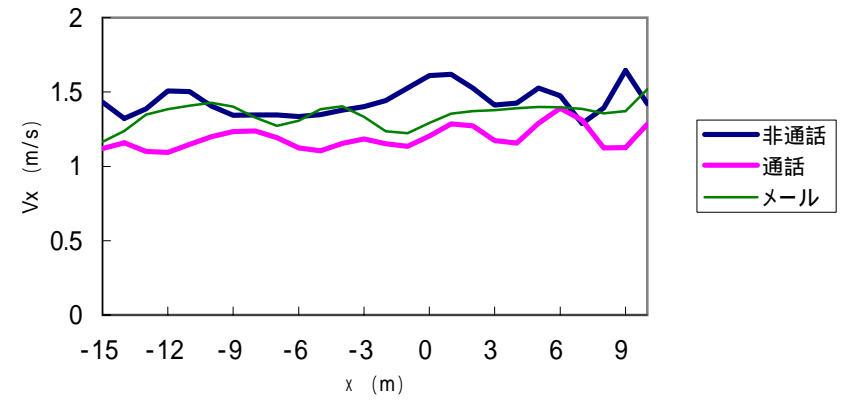
被験者9 V_y



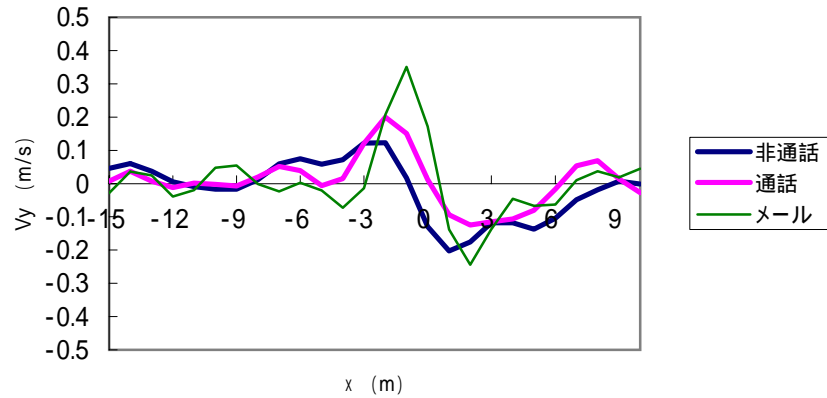
被験者10 軌跡



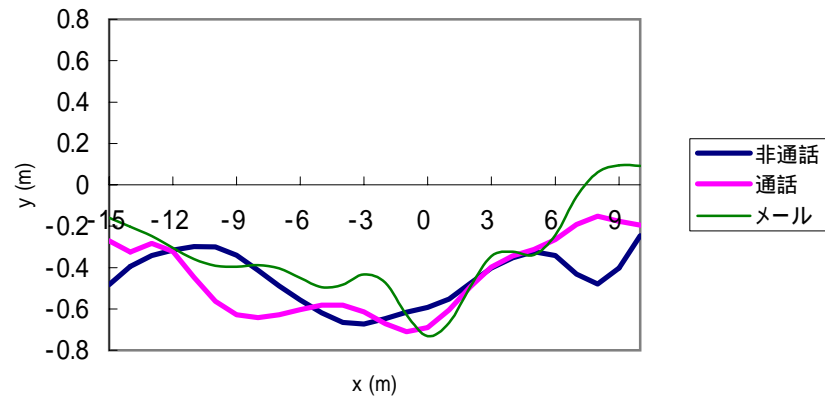
被験者10 V_x



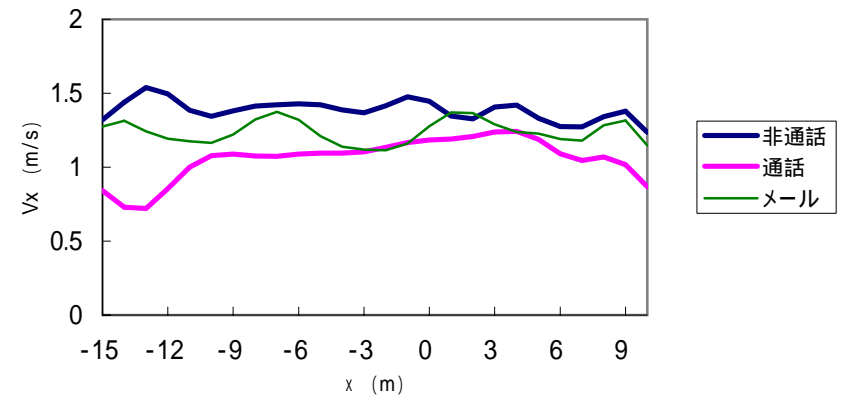
被験者10 V_y



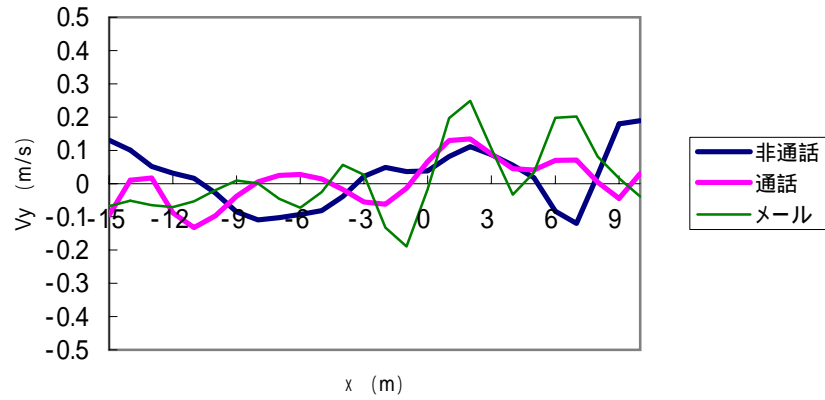
被験者11 軌跡



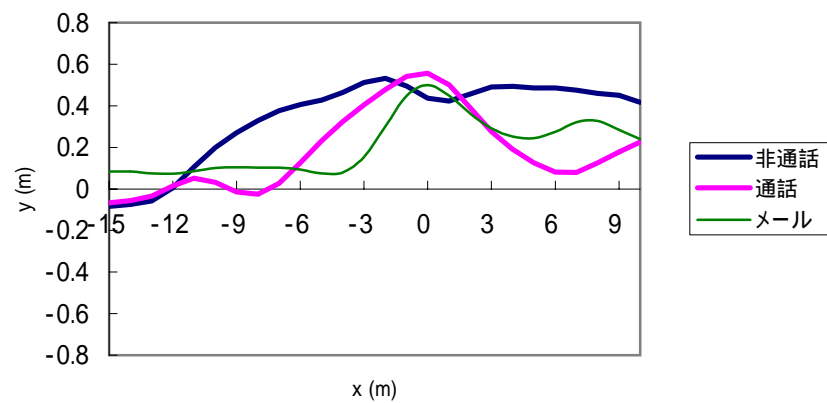
被験者11 Vx



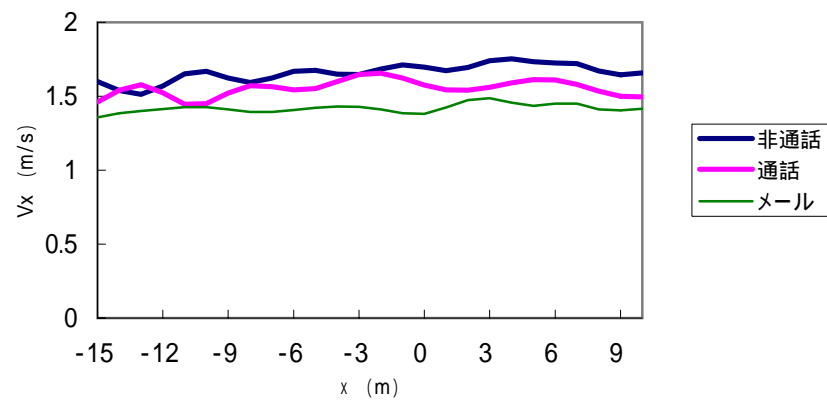
被験者11 Vy



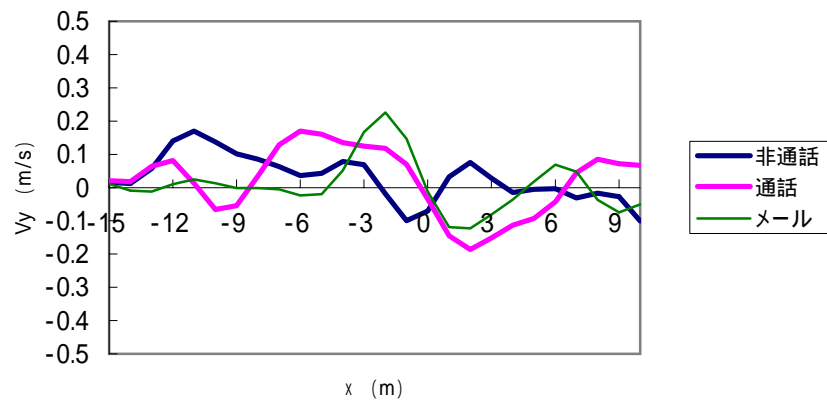
被験者12 軌跡



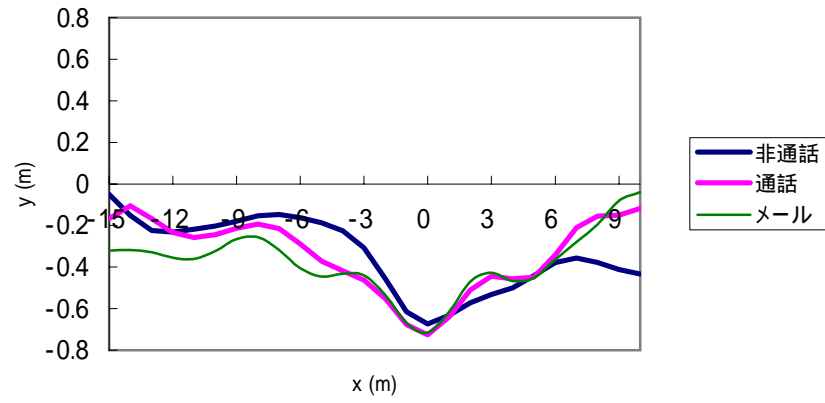
被験者12 Vx



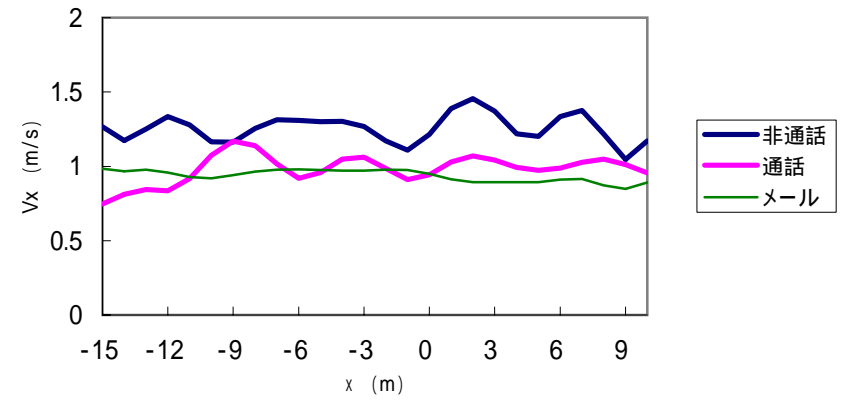
被験者12 Vy



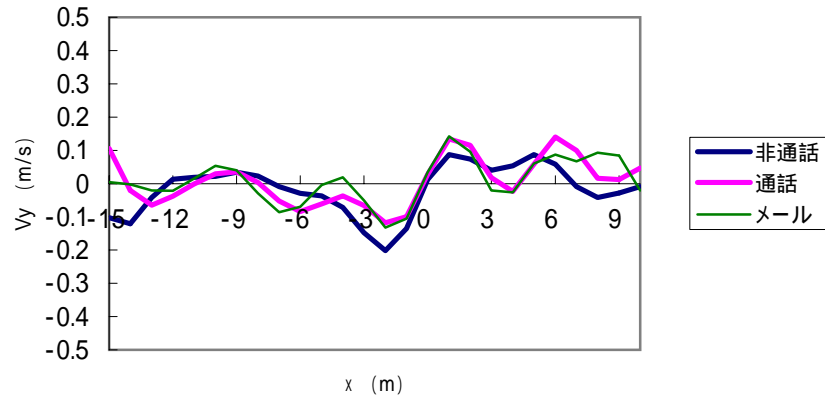
被験者13 軌跡



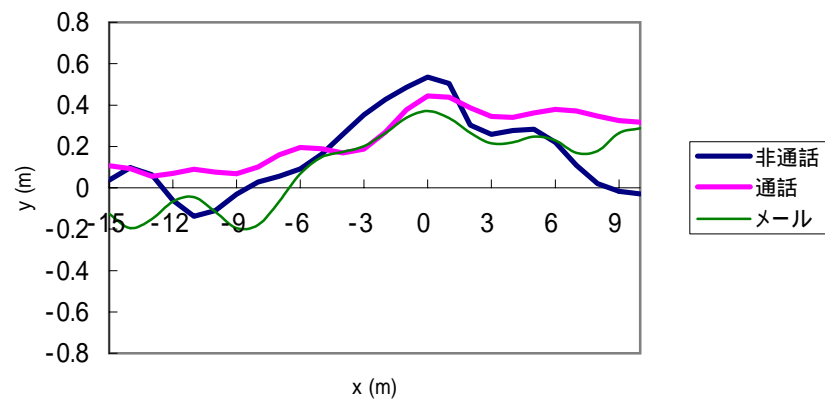
被験者13 V_x



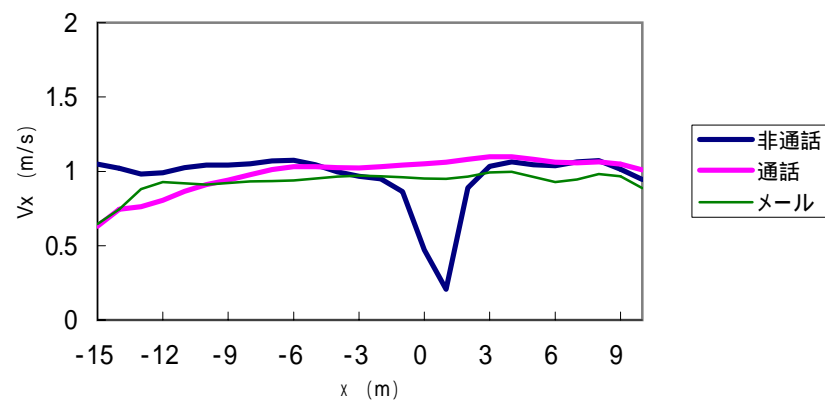
被験者13 V_y



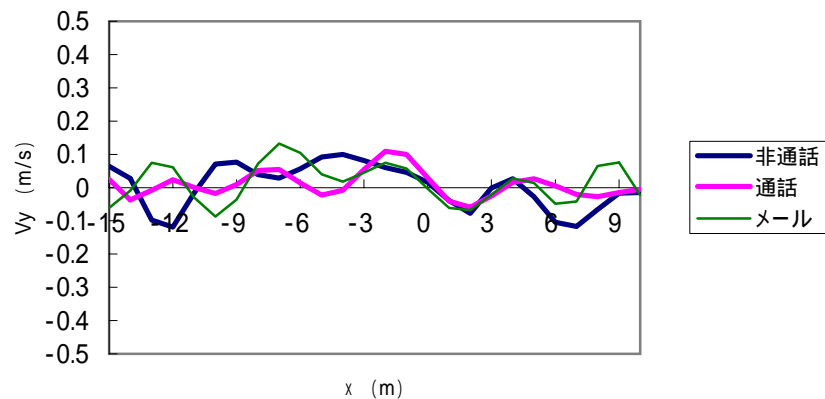
被験者14 軌跡



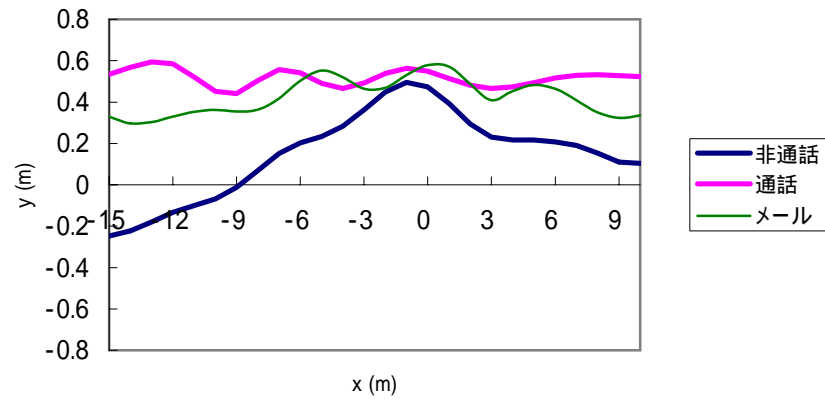
被験者14 Vx



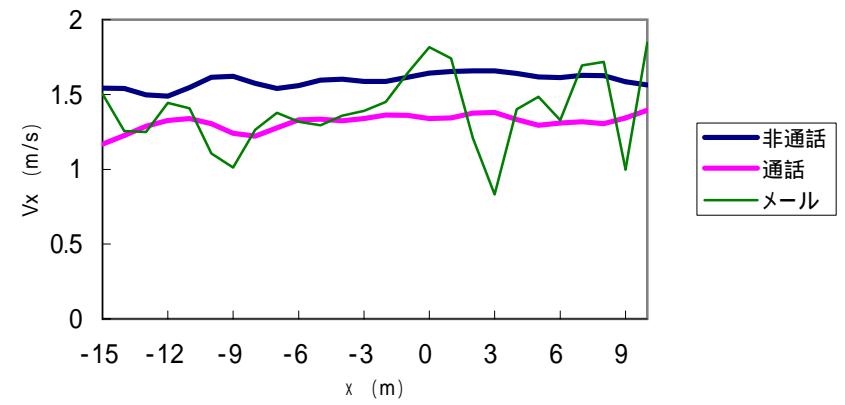
被験者14 Vy



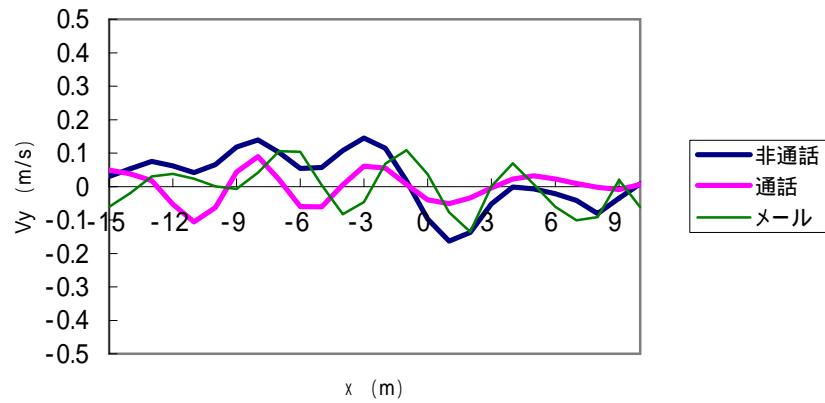
被験者15 軌跡



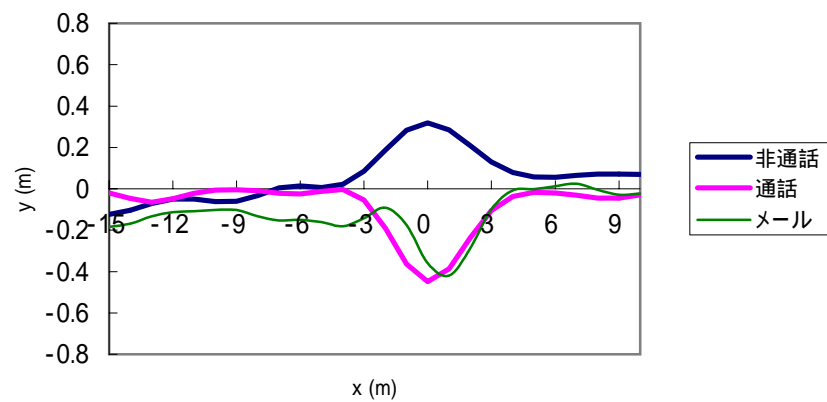
被験者15 Vx



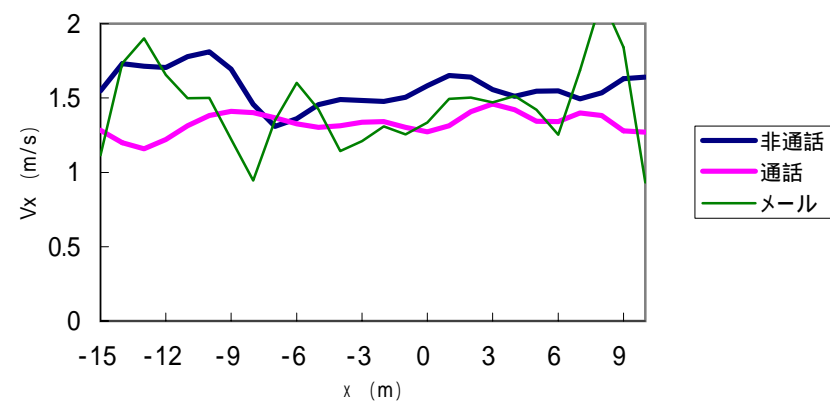
被験者15 Vy



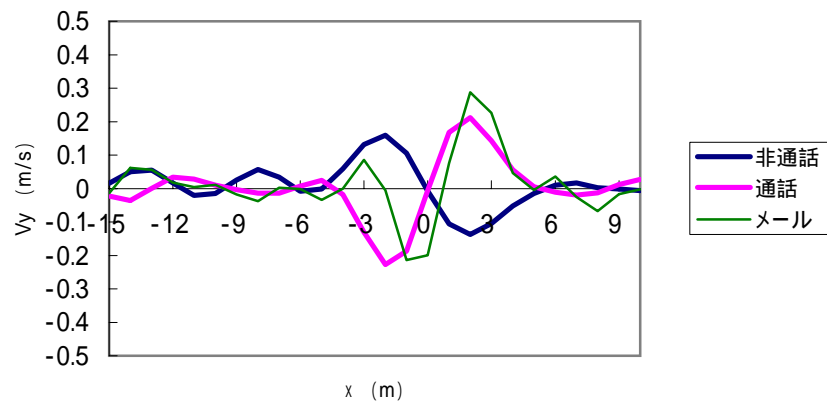
被験者16 軌跡



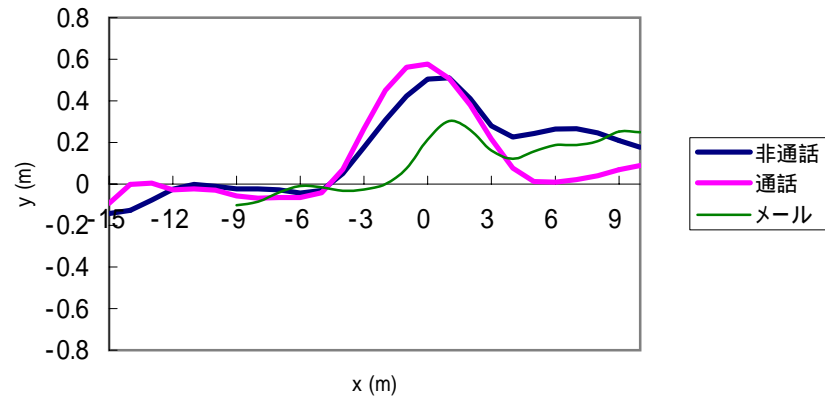
被験者16 Vx



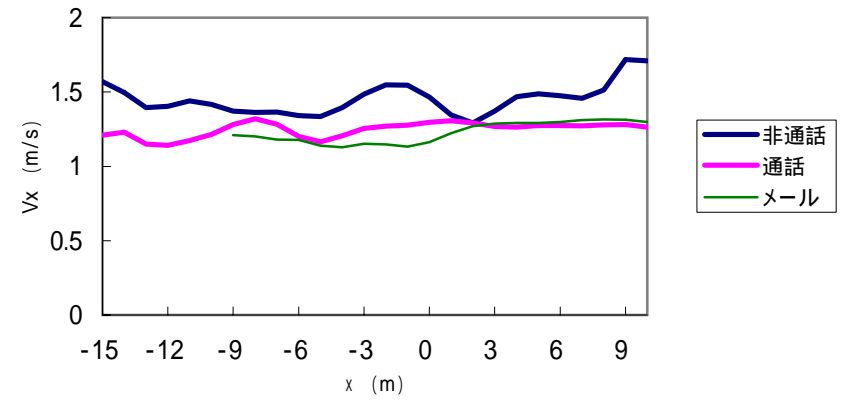
被験者16 Vy



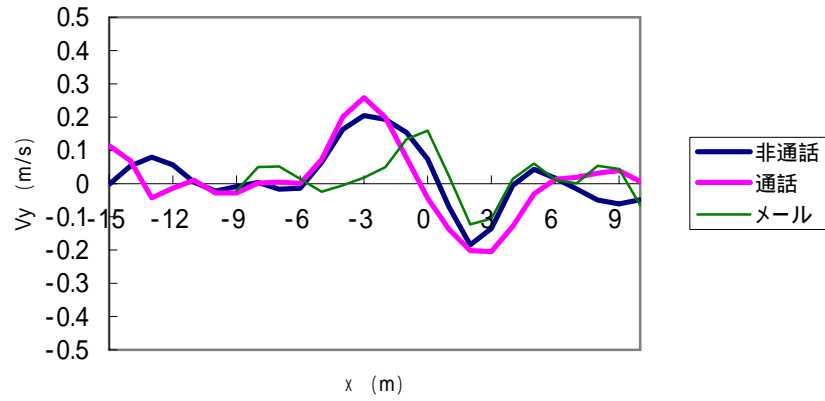
被験者17 軌跡



被験者17 Vx



被験者17 Vy



マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出システム

1. はじめに

東京大学生産技術研究所 柴崎研究室で開発した、マルチレーザスキャナを用いた歩行者の抽出法は、面的な計測が可能であるレーザスキャナを用いて、広範囲・高密度環境下の歩行者を同定・追跡する手法である。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ すなわち、駅構内等の広範囲・高密度環境下の歩行者流動の解析を狙いとして開発したシステムである。従って、歩行者の流動状況の把握に主眼がおかれており、個々の歩行者の移動速度等についてはまだ改善の余地がある。

2. マルチレーザスキャナのシステム構成

システムは、(1)レーザスキャナ、(2)クライアントPC、(3)サーバPC、(4)LANネットワーク から構成されている。各要素の役割は以下の通りである。

- (1) レーザスキャナ : ドイツ SICK 社製のレーザスキャナ (LMS200)
レーザ (波長 905nm:近赤外)・パルスの投光から物体の表面で反射され受光されるまでの経過時間によって、物体とレーザスキャナ間の距離を求める。

主な仕様

1 回のスキャン時間 (レーザミラーが 1 回転に要する時間): 13.3ms

スキャン角度 : max. 180°

角度分解能 : 1° (応答時間 13ms (75Hz): ミラーの回転 1 回)

0.5° (応答時間 26ms (37.5Hz): ミラーの回転 2 回)

この場合、1 回転目に、0°, 1°, 2° ..., 180°, 2 回転目に、0.5°, 1.5°, 2.5° ..., 179.5° の 361 個で測定値が得られた後で、順番に並び替えてからクライアント PC に出力される。

従って、各クライアント PC を同期させても、最大で 26ms ずれる場合がある。

0.25° (応答時間 53ms (18.8Hz): ミラーの回転 4 回)

計測距離 : 30m (計測誤差: 40mm)

測定分解能 : 10mm (システム誤差: 代表値 ± 15mm)

データ・インタフェース: RS232/RS422

- (2) クライアント PC : レーザスキャナから、測定された計測距離をバイナリデータとして取り込むための PC

レーザスキャナを制御することと、得られたデータから背景差分 (画素値が 10 秒間変化しない場合、その画素は

背景とみなして、時系列で得られるレーザ距離画像から背景画像を差し引くこと)によって動体データを抽出し、サーバ PC に転送する。

(3) サーバ PC : データを同期・統合して歩行者を抽出する。

(4) LAN ネットワーク : サーバ PC とクライアント PC 間で通信を行う。

3. データ集録方法

データ集録は、主として(1)レーザスキャナで得られた距離データ(角度分解能に対応した値: $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ まで 0.5° 刻み 361 個)と(2)クライアント PC による背景差分処理による動体データの抽出である。

4. データの処理方法

各クライアント PC からサーバ PC に送られた、動体データは、以下のアルゴリズムに従って処理される。

(1) 各クライアント PC から動体データを収集し、座標系を統合する。

設置された各レーザスキャナの位置座標をもとに、観察している全体の座標系に変換し、各点の位置座標をも求める。

各クライアントのデータは、原則的に 26ms 毎に送られてくるが、クライアント PC の接続台数によって、サンプリングレートが下がる。すなわち、システム上の誤差、各クライアント CP の性能の誤差、LAN の長さ等に起因したものと、背景差分処理に起因した誤差がある。

一方、各クライアント PC から送られてくるデータは、全てのサンプリング時間に、測定が成功しているとは限らないので、データが欠ける場合がある。

そこで、ある一定のサンプリング時間を決めて、データを補完しながら解析を進めなければならない。ここでは、比較撮影に用いたビデオカメラ(柴崎研究室)の周波数 20Hz(0.05 s/回)に合わせるために、0.05s 間隔の値を算出する。サンプリング時間が 0s、0.026s、0.052s、0.076s、0.104s...となっているデータ(X,Y)から、0s、0.05s、0.10s、0.15s、...に最も近いデータを採用して、その時間のデータとする。

(2) 半径 10cm 以内に集まっている動体のデータを足断面データとして、クラスタリングする。

各サンプリング時間 0s、0.05s、0.10s、0.15s、...の動体データを並べ、半径 10cm 以内に集まっているデータ群を足断面データとして、クラスタ化し、その中心点を足候補とする。

(3) 抽出された片足を 2 本にまとめる。

抽出された 1 本の足を 2 本にまとめて、一人の歩行者を形成するためのグルーピング処理である。クラスタリングされた足断面データに対して、30cm 以内に

ある 2 本の足をまとめてグルーピングする。その後、2 本の足の重心点を結び歩行者の移動軌跡とする。

- (4) 存軌跡をカルマンフィルタによって現在フレームまで追跡する。

歩行者の両足の運びを、左右の足について移動速度、方向、足振り位相から、歩行モデルを定義し、カルマンフィルタ（あらかじめ求めておいた予測式の係数を直近の観測値を用いて修正量を補正する方法： $P_{k+1, n} = P_{k, n} + t$ 、

$$P_{k+1, n} = P_{k, n} + 1/2 t^2$$
) によって計算する。

観測値から歩行者の移動速度、方向を計算する。

探索領域内にグループ化された足があれば、予測に最も近いものを該当歩行者の足とみなして軌跡を延長する。ない場合、オクルージョンによる遮蔽の可能性があるので、任意のステップ(4 ステップ)だけこれを許容する。

閾値を超えれば、対象を見失ったとして探索を打ち切る。

- (5) 既存軌跡に属していない足断面データに対して、30cm 以内の距離にあるものをグループ化する。

- (6) 連続フレームに足データが重なっているグループを新規軌跡として抽出する。

- (7) こうして得られた軌跡を ID 番号（歩行軌跡番号）、フレーム数（時間に対応）、右足の X 座標、Y 座標、左足の X 座標、Y 座標、重心点の X 座標、Y 座標として出力される。

5 . 文献

- (1) 中村克行、Zhao Huijing、柴崎亮介、坂本圭司、大鋸朋生、鈴川尚毅
第 10 回画像センシングシンポジウム/SSII 04 (パシコ横浜),2004
“マルチレーザ” スキャナを用いた歩行者の抽出 “
- (2) Katsuyuki NAKAMURA、Huijing Zhao and Ryouyuke SHIBASAKI, 24th
Asian Conference on Remote Sensing (Busan,Korea) ,2003
“ Pedestrian Tracking and Movement-pattern Analysis using
Multiple Laser Range Scanners ”
- (3) 公開特許広報 特開 2004-191095 “ 通行人軌跡抽出装置およびシステム ”
発明者 柴崎亮介、Zhao Huijing