

高齢者や障害者に配慮した住宅の出入空間の形状に関する実験的基礎研究

田中 千歳・野口 孝博・吉尾 雅春・足立 啓

美作大学・美作大学短期大学部紀要（通巻第52号抜刷）

論 文

高齢者や障害者に配慮した住宅の出入空間の形状に関する実験的基礎研究

Experiments of comfortableness and task difficulty evaluation of the going in and out
of the house by the heart rate of aged and disabled

田中 千歳*¹・野口 孝博*²・吉尾 雅春*³・足立 啓*⁴

1. はじめに

1-1. 研究の背景と目的

日常生活上の移動行動はさまざまな経路をたどる。特に屋内外の出入りに関しては、連続的で多様な異質空間の中を、居住者は移動する。したがって、屋内外の出入り行動とその環境は複合的で複雑であり、総合的に捉える必要がある。生活現場では、特に高齢者や障害者の場合は、体力の消耗や身体への負荷が少ないものが望まれるため、身体機能面に焦点を照らした上で人体の反応に関する視点もあわせて捉えることが重要であると考えられる。

一方、従来の建築計画分野での実験的研究は、調理動作を対象としたビデオ解析による田中の研究^{注1)}等、種々の日常生活行為に関連する有益な成果はあるが、主に単一空間内に留まっており、複数の空間に複合化された住宅内外の出入り空間や、居住者の生理学的変化を指標とした知見の蓄積は必ずしも十分ではない。特に高齢者や障害者の中で最も多い脳血管障害者等、身体機能の特性が多様にある者を対象とした生活の場での身体負荷に関する生理学的変化を客観的に評価し、主観もあわせて建築計画学的に検討したものは極めて少ない^{注2)}。

他方、近年の居住環境は、必ずしも良好な水準にあるとは言えない。特に都市部では敷地の狭小化にも関

わらず、ある程度の住空間を確保するため3階建にする場合も多く、1階を車庫に、2階以上を居住部分とする住宅が少なくない。したがって、このような住宅の出入りには階段を用いて行うなど、特に高齢者や障害者の場合は、1～2階間を自力で移動しなければならないため、身体的にも負担がかかり、住宅の出入りをするのも容易ではない状況にある。冬期には、住宅の出入りに屋外階段を利用する場合は、凍結という気候条件も加わって、高齢者や障害者の身体に与える影響は大きく、屋内外の出入りがさらに困難になり、住生活や地域社会への参加にも大きく影響している現状がある^{注3)}。

そこで、住宅の出入りの形態や方式について、さらなる検討が必要であると考えた。住宅の出入り空間が移動の容易な形態になることで、居住者は屋内外を行き来しやすくなり、近隣に出かける等、特に高齢者や障害者においては地域での日常生活圏が拡大され、生活の質の向上にも結びつきその意義は大きいと考える。

以上を踏まえた上で本研究は、住宅の出入り空間の形態とそこでの移動の容易性・快適性との関係を客観的に評価し、高齢者や障害者にも負荷の少ない出入り空間のあり方を検討することが目的である。

具体的には、今後の住宅を考慮した上で、昨年度か

*1 美作大学生活科学部福祉環境デザイン学科 助教授・博士(工学)

*2 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博

*3 千里リハビリテーション病院副院長(前札幌医科大学保健医療学部理学療法学科 教授・医博)

*4 和歌山大学システム工学部環境システム学科 教授・工博

ら実施しつつある、住宅の出入り空間の形状とあり方に関する初動的研究成果を踏まえて、本年度は、住宅の玄関まわりの出入り形式として、今後ますます増加すると予測される（数段の）「階段」形式と、高齢者や障害者に配慮されているとされる「スロープ」形式に焦点を当て、住宅内外での移動の容易性と快適性について、生理学的、運動学的な視点を合わせ、建築計画学的に検討したい。

1-2. 研究の方法

本研究は、今後の高齢者対応住宅を想定した上で、建物内外へのアプローチがスロープ形式と数段の階段形式になっている M 大学本館において移動実験を行った。具体的には、スロープおよび階段による本館の出入り行動を、移動方法の異なる高齢者や障害者に実際に移動してもらい、移動時の心拍数とその変化、移動遂行時間を指標として、各移動形態による出入りの形式とその容易性との関係を客観的に評価し明らかにするものである。

この方法は、歩行や車椅子によってスロープや階段、機器等を用いた住宅の出入り空間での移動行動を一つの運動課題とし、運動の効率すなわち課題の容易性を運動時のエネルギー消費で捉えることが特徴である。内容は、住宅の出入り空間の距離や回数を一定にし、住宅内外の出入り行動を課題に、課題遂行時の心拍数と所要時間の 2 変数を用いて課題の難易度を客観的に評価している。

運動の容易性を客観的に評価する方法は多岐にわたるが^{注4)}、本研究では活動時心拍指数^{注5)}を応用し、心拍数と所要時間の 2 変数を用いている。

従来から運動の効率を測る方法としては、一般的に酸素消費量を求める方法がある。酸素消費量と心拍数は高い相関関係にあることで、運動の効率と心拍数とは高い直線関係にあると言え、同時に心肺機能面からの効率性も見て取れ有用であると考ええる。また、運動の効率は被験者の集中力等に影響されやすいため、運動を実施する身体機能は運動面と心肺機能面の両方を見る必要があり、2 変数を指標として見ると、運動実

施者からの影響もなく客観的な評価が可能である^{注6)}。また、運動遂行所要時間は、一般的に容易な運動ほど少なく同時に身体機能を運動面からも見て取れ有用である。

さらに本実験では、高齢者や障害者が被験者であるため、実験実施中は本人への負担が極めて少なく、かつ課題の遂行も容易であるものが要求される。本実験の活動時心拍指数は、測定機器も軽量で小さく方法も簡便なため（2-4 参照）、実験実施時では被験者にかかる負担も少ないこと、速度や時間の規定がないので被験者個々の普段のペースで自然に行え、再現性も高く有用であること、また歩行以外にも踏み台昇降や階段等のさまざまな運動課題に適用が可能であるという長所を持っている。したがって、運動機能と心肺機能の両面を見て取ることができ、病院等の臨床の場でも用いられており、実験等の臨床現場では応用の幅が効き有用であると考ええる。

2. 実験の概要

実験は、M 大学本館の玄関周りのスロープおよび階段での出入り空間を、移動方法の異なる被験者に実際に移動してもらい、移動に要した時間とその時の心拍数の測定、スムーズな移動行動が行われているか否かを観察し、各出入り空間におけるそれぞれの移動形態での出入り行動とその容易性との関係を客観的に捉えようとするものである。

本研究に直接関連する実験の実施時期は 2005 年 8 月～9 月であるが、同被験者による住生活調査やその他移動関連諸実験は、2004 年から継続して実施しているので比較的慣れているものの、被験者にはそれらを踏まえて本実験の主旨を十分に理解していただいた上での実施であった。

2-1. 実験の方法

運動課題の難易度は、課題遂行中の安静時心拍数を超える心拍数変化と課題を達成するのに要した時間との積分値で算出される。したがって活動時心拍指数は値が小さいほど、課題に対する難易度は小さく運動が

容易に行える。

実験での実際の活動時心拍指数は、以下の概算式^{注7)}を用いて分析する。これは既往研究でも検証されており ($r>0.95$) 真の活動時心拍指数とほぼ同値である^{注8)}。

活動時心拍指数 [beats] = $\{(\text{運動課題遂行中の平均心拍数} - \text{安静時心拍数})\} [\text{beats} \cdot \text{min}^{-1}] \times \text{運動課題に要した時間} [\text{sec}] \div 60$

本実験では活動時心拍指数の他に、一般的に運動時の生理的機能状態の変化を示す運動課題遂行時の最高心拍数と安静時心拍数との差およびビデオによる動作分析を用いた (2-4 参照)。また、移動動作における主観的な評価として、ボルグ指数^{注9)}を用いた。これは自覚的な運動強度を示す指数で、病院をはじめとする各臨床の場や訪問リハビリでの障害者、高齢者の生活の場でも用いられており有用と考える。

2-2. 被験者概要

被験者の対象は、2004年からわれわれの住環境に関する諸調査で親交のある、精神障害のない高齢者、障害者とした。対象者の身体機能は多様にあるが、高齢者・障害者の代表例として、健常者は後期高齢者、前期高齢者および若齢者を、障害者の代表例として脊髄損傷による車椅子使用者を選定した。これらの被験者は、単に身体的機能が代表的であるだけでなく、「移動動作」の典型例でもあり、理学療法士が多数の被験者の中から抽出し選定した (表1)。健常者・障害者とも、痴呆や高次脳機能障害等がなく自宅や大学において自立している者である。

表1 被験者概要

被験者			年齢/ 性別	疾患/ 障害部位	移動形態	
					屋内	屋外
障害者	若齢者	DK	31/男	脊髄損(C6)/ 下肢麻痺	手動車椅子にて自立	
		健常者	後期 高齢者	SU	92/女	—
		YT	87/女	—	独歩	
	前期 高齢者	HI	63/女	—	独歩	
	YY	61/女	—	独歩		
	若齢者	AS	21/女	—	独歩	

2-3. 実験対象施設と運動課題

住宅実験を行う場合、気候や実験対象施設の周辺状況、被験者の心身機能の状態等の条件を統一することは極めて難しいことだが、できるだけ差異の少ないことを考慮して条件設定した。実験の対象となる施設は、岡山県内にあるM大学である (図1~4)。

実験住宅における対象運動課題は、図2の①・②の2行動とし、それぞれ往路と復路の2通りの経路を移動した。また、比較検討のために平坦地での通常歩行 (移動) を行った。なお、障害若齢者の短路小階段移動型は、車椅子を使用している移動形態のため実施不可能であった。

次に、移動距離は各々50mと統一した。これは、被験者の連続歩行による異常歩容が出現しつつある距

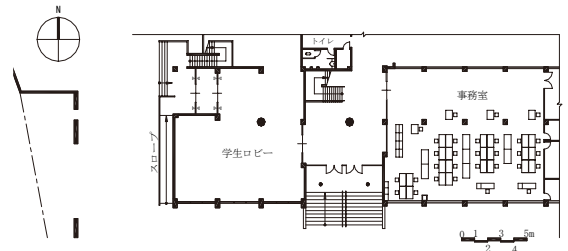


図1 実験対象施設 (M大学) 1階平面図

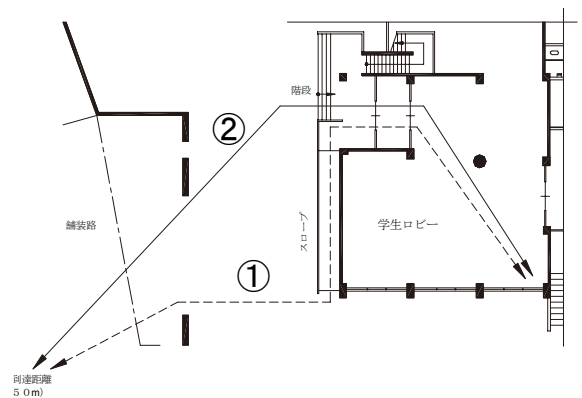


図2 運動課題の経路

- ①スロープ移動型：玄関ホール～玄関スロープ～駐車場
- ②短路小階段移動型：玄関ホール～少階段～駐車場
- ③平坦地通常歩行 (移動)：平坦舗装路での通常の歩行と車椅子駆動

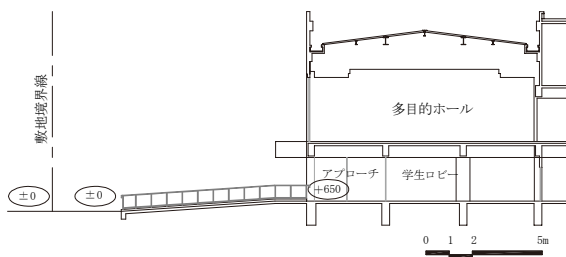


図3 スロープ移動型フローレベル図

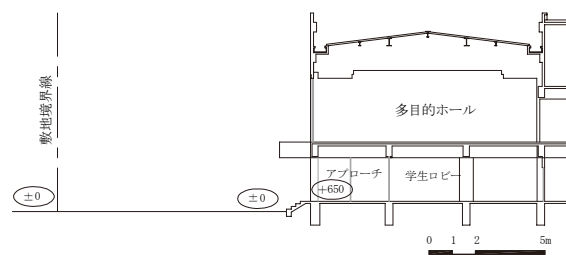


図4 短路小階段移動型フローレベル図

離であり、また交差点や交通量の変化等、実験対象施設の周辺環境が変わって、被験者の通常歩行（移動）が期待できないあるいは再現性の乏しい地点までの距離を考慮し選定した。どの被験者も数キロの連続歩行（移動）は可能であるが、実験中、被験者の歩行能力以外の要因の影響を最小限にするとともに、リスク管理上、上記の距離を設定した。また条件を統一するため、靴の着脱やドアの開閉等の日常生活関連動作は、個人によって行為の仕方や所要時間も大きく異なるため省略した。施設敷設のスロープや階段等は、全て建築基準法等に準拠した仕様である^{注10)}。

2-4. 測定方法と器具

実験での心拍モニターと各課題遂行所要時間の計測は、ポラーバンテージ NV システムを用いた。動作の観察や計測は、視認ならびに 35 mm カメラ、ビデオ撮影により行い、手動式血圧計で実験時の血圧等生理情報の計測とリスク管理を行った。

実験の測定方法とその手順は、(1) 15 分間の安静座位にて安静時心拍数を、5 秒間隔で計測する。その

内、最後の 5 分間を 30 秒ごとに 10 個に区切り、各区間の平均心拍数を算出し、それらの中で最も低かった値を安静時心拍数とする。(2) 各課題遂行時の心拍数計測 (5 秒間隔) とその所要時間、観察調査を行う。(3) 各課題終了後に自覚症状等主観的な訴えや使い勝手等のヒアリングを行う。また、各課題間には最低 7 分間の休息をおいた^{注11)}。

実験実施中の被験者の服装は運動しやすい軽装とし、普段履き慣れている靴や装具を使用した。なお実験実施 2 時間前の飲食や喫煙は、生理学的情報の混乱につながるおそれもあるので禁止とした。

3. 実験の結果と考察

各被験者の測定結果を表 2 に示す。

3-1. 心拍数変化と課題遂行時間

後期高齢者は、比較的課題遂行時間が大きかった。その中でも、特に杖歩行者の場合は、どの課題の遂行時間も、健常前期高齢者や健常若齢者のおおよそ 2 倍であった。しかしながら、運動時最高心拍数と安静時心拍数との差を見ると、どの課題も大差なく、また、安静時心拍数を超える心拍数は通常歩行時よりも小さくなっており、心拍数変化は大きくない。これは足元の安定性に欠ける杖歩行者の場合、長い時間をかけてゆっくりと移動することで、動作に対しての不安感が軽減する等心拍数変化に与える影響が小さいものと考えられる (図 5～6)。

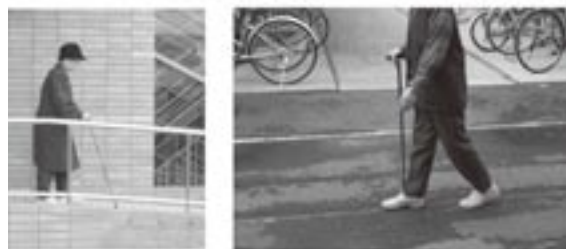


図5 杖歩行者の移動 図6 杖歩行者の通常歩行 (スロープを降りている (平坦地) 様子)

3-2. 被験者の活動時心拍指数と移動の容易性

高齢者の活動時心拍数を見ると、前期、後期とも一般的に大差はないが、最も小さい値は、前期高齢者の場合は短路小階段移動型の降時であり、健常若齢者も同様であった。

一方、障害若齢者（車椅子）の場合は、スロープの昇時と降時での差が著明であり、昇時では降時の約4倍と非常に大きい値になっている。これは降時では、ある程度、惰性で移動可能であり心拍数変化も通常歩行時の値と大差がないのに対し、昇時では心拍数変化が通常歩行時の約2倍であり、努力の程度を大きく示していることがわかる。特に昇時後半では、体幹が大きく前傾し肩関節外転が著しくなっており、身体に負荷がかかっていることがわかる（図7～8）。そのため、課題遂行時間も大きくなり、活動時心拍指数が最も大きく、容易な移動の確保が難しいことが推測される。スロープを利用しての移動は、車椅子使用者や後期高齢者にとって、比較的多様に用いられている方法ではあるが、このように住宅内外の出入り行動においては、出る行動と入る行動の両者のスムーズ性が求められるため、一概に移動の容易性が高いとは言い難いと言え



図7 車椅子使用者のスロープ移動の様子



図8 車椅子使用者の平坦地通常移動

る。

また、一方では、全身体力や持久力のある前期高齢者や健常若齢者の場合は、玄関周りの出入り空間に関しては、スロープの形態によってはわずかな段数の階段を用いて移動する短路小階段移動型と大差がなく、スロープ移動型同様に短路小階段移動型も、移動の容易性が比較的高いと言えよう。

健常若齢者では、通常歩行の活動時心拍指数と他の移動型ではほぼ2倍以上の差がある。これは、健常若齢者にとって、スロープによる移動も数段の階段による移動も動作自体は複雑ではないが、とりわけ「スロープ」の持つ「時間がかかる」というイメージ等から被験者にストレスがかかり、その結果心拍数変化が大きくなったものと考えられる。また、健常若齢者の場合は、スロープよりも短路小階段を選択する声が聞かれた。

3-3. 主観的自覚運動強度と動作分析

主観的な自覚運動強度を示すボルグ指数は、どの被験者も各課題に対して大差はない。しかしながら、車椅子使用者の場合は、スロープ移動型の昇時に11となっており、他の課題と比べて最も高いことがわかる。

これは、車椅子使用者のスロープ型移動時の動作は、昇時と降時での動作が全く異なり、降時は惰性である程度移動可能であるが、昇時は、昇るにつれて体幹が徐々に前傾し肩関節屈曲外転が著しくなってくる。特に昇時後半では、これらの歩容が顕著に出現する等身体に負荷がかかっていることがうかがえ、心拍数変化や主観的自覚運動強度に影響し、容易な移動の確保が難しいことが推測される。

このように、スロープを利用するスロープ移動型に対する自覚運動強度が、とりわけ車椅子使用者にとっては必ずしも小さくなるとは限らない課題であることは、注目したい。

4. まとめ

高齢者・障害者の心拍数に焦点を当てた、住宅の出入り行動とその形態に関する実験を行った結果、

表 2 測定結果

被験者		課題		活動時 心拍指数	運動時最高心拍数と安静 時最低心拍数との差 [beats・min ⁻¹]	運動時平均心拍数と 安静時心拍数との差 [beats・min ⁻¹]	課題遂行時間[sec]	ボルグ指数
障害者	若齢者	DK	スロープ	昇	12.3	29	67	11
			移動型	降	3.1	15	46	8
			通常歩行	平坦地	2.4	17	48	9
健康者	後期高齢者	SU	スロープ	昇	16.6	23	83	13
			移動型	降	13.7	20	91	13
			短路小階段	昇	15.6	23	85	13
		移動型	降	14.0	21	84	13	
		通常歩行	平坦地	17.7	25	76	13	
		YT	スロープ	昇	14.4	30	54	13
	移動型		降	13.3	29	50	12	
	短路小階段		昇	17.1	34	54	13	
	前期高齢者	HI	移動型	降	15.0	31	53	12
			通常歩行	平坦地	16.0	34	48	12
			スロープ	昇	11.7	26	37	10
		YY	移動型	降	10.8	26	36	10
短路小階段			昇	9.3	23	40	11	
移動型			降	7.8	20	36	10	
若齢者	AS	通常歩行	平坦地	9.9	25	37	12	
		スロープ	昇	4.7	19	40	12	
		移動型	降	5.2	22	39	12	
	AS	短路小階段	昇	4.7	20	40	12	
		移動型	降	4.0	17	40	12	
		通常歩行	平坦地	4.0	19	40	12	
AS	スロープ	昇	16.5	34	47	10		
	移動型	降	16.5	40	45	10		
	短路小階段	昇	13.3	32	47	9		
AS	移動型	降	13.3	33	47	9		
	通常歩行	平坦地	7.3	21	44	8		

- (1) 後期高齢者は比較的課題遂行時間が大きく、長い時間をかけてゆっくりと移動することで、動作に対しての不安感が軽減する等心拍数変化に与える影響が小さい。
- (2) 高齢者の活動時心拍指数を見ると、前期、後期とも全般的に大差はない。最も小さい値は、前期高齢者の場合、短路小階段移動型の降時であり、健康若齢者も同様であった。健康に近いほど、短路小階段移動型の容易性および快適性は高いと言える。
- (3) 住宅の出入空間における移動の快適性については、短路小階段移動型とスロープ移動型とも、どの被験者も運動負荷の自覚が軽く、中位～やや軽い強度であった。
- (4) しかしながら、スロープ移動型に対する自覚運動強度が、とりわけ車椅子使用者にとっては必ずしも小さくなるとは限らず、動作分析の視点からもスロープ移動型が容易性の最も高い課題
- ではないことに注目したい。
- (5) 概して、活動時心拍指数の値が小さいほど移動の容易性が高く、スムーズな移動行動が行えたが、健康な者ほど活動時心拍指数が小さくなるとは必ずしも言えない。これは、課題の遂行が被験者個々のペースにまかされており、遂行速度やかかる時間も個人で反応が異なる、いわば活動時心拍数の特徴のためでもあり、活動時心拍数の解釈にあたっての留意事項としたい。
- (6) 活動時心拍指数の結果は、個々人の総合的な身体機能を示すものであることから、その解釈には留意が必要であるが、測定にあたっては被験者の不安や投棄による影響を考慮し、なるべく同一身体状態で安静時心拍数に差異のない時間帯を選択した上で、被験者を増やし評価して行く必要がある。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、平成16～17年度文部科学省科学研究費（萌芽研究）助成金、平成17年度財団法人ウエスコ学術振興財団学術研究費助成金、および美作大学研究助成金の助成を受けた。記して謝意を表する。

平成19年1月27日北海道大学大学院工学研究科教授野口孝博先生が御逝去されました。ここに謹んで哀悼の意を表します。

註

- 1) 文献1
- 2) 文献2。連続した温度の異なる3室を歩行移動した時の温熱感評価に焦点をあてそのメカニズム構造について実験検討している。
- 3) 文献3.4.5
- 4) 運動の容易性を客観的に評価する方法は、血圧、呼吸数、心拍数、運動時間、代謝当量等を指標とするものがあるが、これらは身体機能を運動機能か心肺機能のどちらかだけで、評価しているため、実験では被験者の意欲や集中力等に影響されやすい。複数の変数を用いるものに、持久指数や生理的コスト指数があるが、運動速度や時間を規定するため被験者が個々の普通のペースで行いにくく、再現性や妥当性についても確立に至っていない。
- 5) 文献6.7
- 6) 文献6.7.8。活動時心拍指数の内容や概念構成等の妥当性や信頼性も検証されており、有用である。
- 7) 文献7
- 8) 文献7.8
- 9) 文献9。運動負荷実施後の自覚的運動強度を20段階に分類したもので、値が小さい程自覚が軽い。「12」で中位、「9」でとても軽いと順次負荷の自覚が弱くなる。反対に「15」ではつらく「20」に近づく程自覚的運動強度は大きい。実験場面では、病院やリハビリ訓練の場での評価方法と同様の方法をとることで、被験者にわかりやすくし混乱をなくした。課題遂行終了直後に被験者にボルグ指数とその説明を大きく書いた紙を提示し、被験者自身でその

時の状態を指してもらい評価を行った。

- 10) [スロープ] 傾斜約7%、幅員1400mm、距離10000mm。[短路小階段] 踏面300mm、幅員3000mm、高さ165mm、4段。
- 11) 文献6.7。被験者の精神的ストレスの軽減や生理学的状態の安静化のため。

文 献

- 1) 田中賢、八藤後猛、野村欽：調理動作を事例とした解析手法の具体的検討ビデオ解析手法による動作解析に関する基礎的研究、日本建築学会計画系論文集、第527号、pp.107-112.2000.1
- 2) 全貞ユン、田村明弘：歩行移動に伴う連続した温度変化と温熱感評価—相互移動可能な3つの部屋を用いた実験的研究—、日本建築学会計画系論文集、第532号、pp.65-72.2000.6
- 3) 野口孝博・田中千歳：高齢者・障害者の移動生活と住宅形態—積雪寒冷地域における高齢者・障害者の住宅・住環境に関する研究（その2）—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.169-170.1996.9
- 4) 田中千歳、野口孝博：北海道における高齢者・障害者の冬期生活行動様式と住宅アプローチ空間の雪処理、日本雪工学会大会学術講演梗概集、pp.59-66.1996.1
- 5) Chitose Tanaka, Takahiro Noguchi: A STUDY OF THE MOVEMENT AND LIVING SITUATIONS OF AGED AND DISABLED PEOPLE WHO LIVE IN A COLD AND SNOWY REGION OF JAPAN — EXEMPLIFIED BY ELDERLY POST-STROKE PATIENTS DISCHARGED FROM HOSPITAL IN HOKKAIDO — , INTERNATIONAL FEDERATION FOR HOUSING AND PLANNING, INTERNATIONAL FEDERATION FOR HOUSING AND PLANNING 43rd World Congress, pp.213-214.1996.10
- 6) Pine Zachary M, et al.: Reliability and validity of the beats above baseline index, a new measure of task difficulty. Applied to walking tasks in elderly subjects. Am J Phys Med Rehabil (abstract) 72: pp.233. 1993
- 7) Pine ZM, et al: Reliability and validity of the beats above baseline index; a new measure of task difficulty. Arch Phys Med Rehabil 75: pp.545-550.1994.5
- 8) 竹井仁、岩崎健次、柳澤健、江原浩吉：活動時心拍指数（BABI）からみた踏み台昇降動作における運動課題の難易度、理学療法科学第12巻1号、pp.11-16.1997

- 9) Borg GA: Perceived exertion on a note on history and methods.
Med. Sci. Sports, 5 (2) : pp.90-93.1973

Summary

The purpose of this study was to evaluate degree of difficulty for going in and out of the house, which is tried correspondence to the comfortableness. The subject consisted of 6 persons, a typical aged with a cane, with a wheelchair by spinal cord damage and 4 without disabled. In the task, two kinds of going in and out in the house and walking in the flat ground, were prepared, and the subjects were instructed to do at their comfortable speed. I used Beats Above Baseline Index to examine the phenomenon observed in these experiments. Beats Above Baseline Index is obtained by the required time for task finish and change in heart rate, and is applied to the evaluation of task difficulty. Results of Experiment: Subjects of aged with a cane tended to carry out each task by taking long time. Since a person with a wheelchair was not easy, he required time for going slope. I would like to put special emphasis that it is more convenient for disabled people move with an elevator and something like that rather than a slope.