

5. 実態調査に基づく等価時間係数・心理的負担時間等の設定

5-1 実態調査の実施内容

(1) 実態調査の概要

①実態調査実施の目的

- ・ 乗り換え行動の移動形態別に等価時間係数の取得
- ・ 情報提供の有無、施設形態別、錯綜に関する心理的負担時間の取得
- ・ 所要時間の実測による評価手法の検証および歩行速度式の構築

注) 水平移動、階段上り・下り、等の個別の移動形態を、行動要素とする。

②実態調査における取得値の内容

実態調査は調査対象駅を選定し、当該駅利用者に対して以下の a)～c)に関わる聞き取り調査（設問例：4-2 (3), (4)参照）を実施した。

a) 移動形態別負担感調査

特定の移動形態における一般化時間を算出するために必要となる評価項目（等価時間の算出対象行動）として、以下の内容を設定し、実態調査（移動形態別負担感調査）により取得することとした。

表 5-1 移動形態別負担感調査を実施する項目

	水平移動	上下移動	待ち
基本的な移動	・水平歩行	・階段上り ・階段下り	・立位(電車待ち) ・立位(踏切や信号待ち) ・ベンチでの待ち(座位)
歩行支援施設を含めた移動	・動く歩道(立ったまま利用、歩いて利用)	・エスカレーター上り(立ったまま利用・歩いて利用) ・エスカレーター下り(立ったまま利用・歩いて利用)	
その他負荷的な要素を含む移動	・シェルター付き歩道		

b) 乗り換え行動に関連する付加的要素の負担感調査

心理的負担として乗り換え行動に関連する付加的な要素として、「乗り換えを支援する情報提供の有無による損失時間」、「駅前広場等の施設利用の形態に関わる心理的負担時間」、「歩行者錯綜空間の通過に関わる心理的負担時間」の取得も併せて行った。対象とした項目は図5-1に示すとおり。

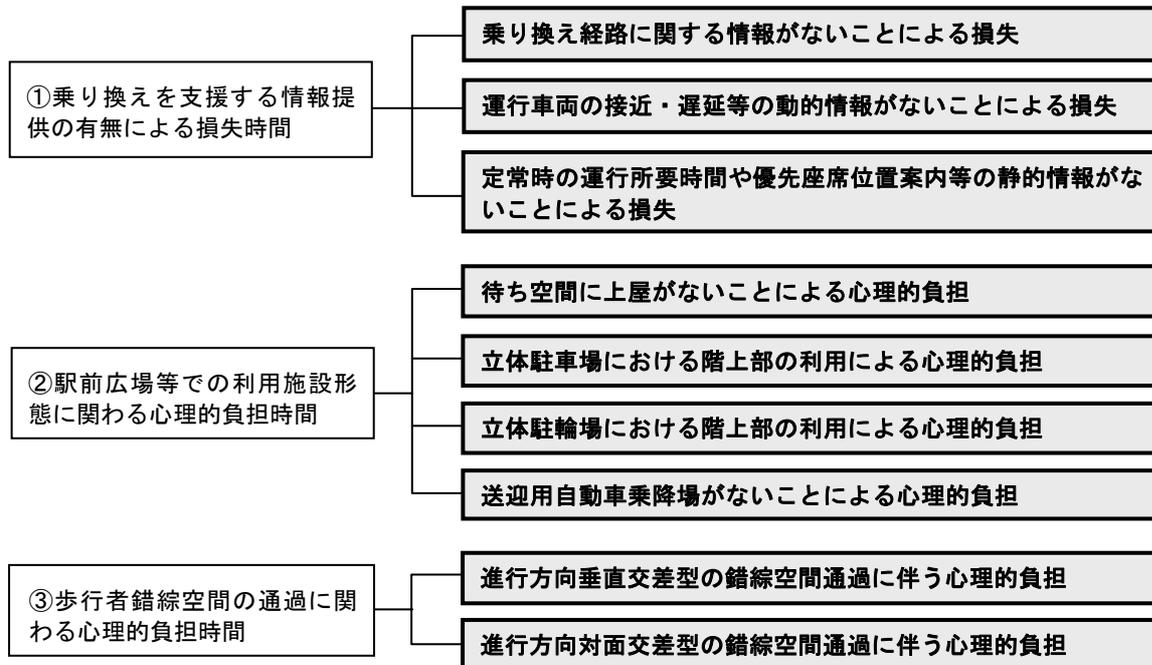


図 5-1 乗り換え行動に関連する付加的要素の損失時間及び心理的負担時間の取得項目

c) 乗り換え時間計測調査

交通結節点の評価での一連の乗り換え行動を対象とした一般化時間算出結果に対し、実際の乗り換え経路を対象とした移動時間との対比により評価手法の検証を行うため、調査対象駅の主要な乗り換え経路を対象に乗り換え時間・混雑状況等の計測を行った。また、それら取得値を基に、本調査での移動形態別歩行速度の検討も行った。

③ 属性別・時間帯別把握

属性等については、朝ピーク時の取得値を通勤目的とし、それ以外については、高齢者、非高齢者の自由目的、非高齢者の業務目的の4属性について把握した。

④ 聞き取り方法

聞き取り方法については、朝ピーク時においては駅ホームで電車待ちしている人を対象に一問一答形式で調査を行うこととした。朝ピーク時以外は、駅改札口付近において駅利用者を対象に一問一答形式で調査を行った。

(2) 対象駅の抽出及び調査サンプル数について

①対象駅の抽出方法

対象駅の抽出にあたっては、駅規模、整備状況の別によって、基本的な移動（水平、階段上り・下り、エレベータ、エスカレータ等）に関する一般化時間の取得値に差異が生じる可能性もあることから、大規模な駅（ターミナル的な駅）、小規模な駅（郊外駅）を対象に整備駅、未整備駅を抽出した。以下に示す対象駅と抽出方針と、抽出した対象駅を抽出した。

【対象駅の抽出方針】

- 異なる鉄道事業者間の乗り換えが発生する。
- 本調査で評価項目として挙げている交通結節機能の評価（移動負担感調査）が可能な施設を有する駅を対象とする。
- 駐車場、駐輪場が整備されている。
- 駅前広場が設置されている。

【評価対象駅】

表 5-2 移動形態別負担感調査実施駅一覧

○整備駅

	駅名(乗降客数)	乗換状況	施設整備内容等
大規模駅	金山総合駅(35万人)	JR・名鉄・地下鉄	改札間連絡自由通路
	小倉駅(10万人)	JR・モノレール	屋根付き通路 公共連絡自由通路 自由通路内の歩行支援施設 高度な案内情報提供
小規模駅	川西能勢口駅(15万人)	JR・阪急・能勢電	ベデストリアンデッキ(屋根付き通路)
	上大岡駅(13万人)	京急・地下鉄	バス・タクシーとの乗り継ぎ

- 注) ・各駅共に、整備施設として昇降機等の歩行支援施設整備はなされている。
 ・小規模駅については、乗降客数5万人以上を対象に抽出した

○未整備駅

	駅名(乗降客数)	乗換状況	施設整備状況等
大規模駅	京橋駅 (JR:28万人、 京阪:20万人)	JR・京阪・地下鉄	JR乗降ホームが2階、JR・京阪改札が地上、京阪乗降ホームが3階と乗り継ぎの際の上下移動が多く、特に、京阪乗降ホームにおいては、階段もしくはエスカレータ利用となることから、高低差を加味した階段・エスカレータ利用の等価時間係数の取得が可能
小規模駅	南方駅 (阪急:4.7万人、 地下鉄:6.3万人)	阪急・地下鉄	阪急南方駅と地下鉄西中島南方駅間は距離は短いものの、踏切・横断歩道の横断が伴い、連絡通路の整備はなされていないことから、迂回行動の等価時間係数の取得が可能 また、地下鉄ホームが地上約3階に位置することから、高低差を加味した階段・エスカレータ利用の等価時間係数の取得が可能

②移動負担感調査の組み合わせと調査対象駅・属性について

等価時間係数を取得するための移動形態別負担感調査の組み合わせを以下のように設定した。

なお、取得に際しては、駅利用者が通常利用する可能性のある施設を基に設定する必要があることから、ケーススタディ駅の施設状況を踏まえて、取得内容別に分類した。

a) 移動形態別負担感調査に関する項目

移動形態別乗換負担感調査に関する項目については、表 5-3 に示す内容について、○を付した駅での聞き取り調査を実施した。

表 5-3 移動形態別負担感調査の項目別調査実施駅

基準となる行動要素	等価時間係数を取得する移動形態	金山総合駅	小倉駅	上大岡駅	川西能勢口駅	京橋駅	南方駅	備考
水平移動	階段上り		○			○		
水平移動	階段下り		○			○		
立位	座位			○			○	電車待ちにおいて、立った状態とベンチに座った状態による比較
階段上り	エスカレータ上り (乗ったまま)	○		○				エスカレータに乗ったままの状態、乗ってから歩いて利用する状態の2種を把握
	エスカレータ上り (歩いて利用)	○		○				
階段下り	エスカレータ下り (乗ったまま)	○		○				
	エスカレータ下り (歩いて利用)	○		○				
水平移動	動く歩道 (乗ったまま)		○		○			動く歩道に乗ったままの状態、乗ってから歩いて利用する状態の2種を把握
水平移動	動く歩道 (歩いて利用)		○		○			
立位(待ち)	水平移動 (迂回)	○					○	信号や踏切での待ち時間を対象(立位(待ち)の等価時間も把握)
水平移動	シェルター付き歩道の水平移動		○		○			

注)△:通勤目的のみを対象とする。

b) 情報提供の有無に係る評価値

交通結節点における乗り換え行動時に必要となる「情報」については、①誘導サイン、②・③運行に関する情報（接近情報・遅延情報の2種）、④所要時間や乗り換え案内に関する情報、⑤車両案内（優先座席位置、ノンステップバスか否か等）のケースを想定し、情報が無い場合に発生する心理的負担という視点からの聞き取り調査を行った。

なお、①誘導サイン、④所要時間・乗り換え案内に関する情報については、通勤時の利用者には必要のない項目であることから、取得対象からは除くこととした。また、⑤車両案内については、優先座席、ノンステップバス等の案内であり、主として高齢者に対するサービスとなることから、対象とする属性を高齢者に限定した。

表 5-4 情報の有無による負担感調査の属性別調査実施項目

時間評価値を取得する情報	情報が無い場合に対象となる心理的負担時間	対象駅	属性			
			出勤目的	高齢者自由目的	非高齢者自由目的	非高齢者業務目的
①誘導サイン	誰かに聞くまでに考える時間	小倉駅		○	○	○
		京橋駅		○	○	○
②運行に関する情報（接近情報）	情報を得るために案内板等を見に行く時間（距離）	上大岡駅	○	○	○	○
		西中島南方駅	○	○	○	○
③運行に関する情報（遅延情報等）	情報を得るために案内板等を見に行く時間（距離）	金山総合駅	○	○	○	○
		川西能勢口駅	○	○	○	○
④所要時間・乗り換え案内	誰かに聞くまでに考える時間	小倉駅		○	○	○
		川西能勢口駅		○	○	○
⑤車両案内（優先座席位置、ノンステップバス等の情報）	誰かに聞くまでに考える時間	小倉駅		○		
		川西能勢口駅		○		

c) 駅前広場内施設の利用形態の別に関わる評価値

駅前広場内施設の利用形態の別に伴う負担感に関する時間評価値の取得については、①タクシー・バス乗り場の上屋の有無、②P&R・C&R施設状況（立体駐輪場利用の負担等）、③K&R施設状況（駅広内に乗用車乗降場が設けられる際の改札からの離れ距離）の3項目を想定し、○を付した属性を対象に聞き取り調査を行った。

なお、駐輪場において高齢者の利用率が極めて低いことから、②のC&R施設に関する高齢者自由目的については取得対象から除くこととした。

表 5-5 施設形態の違いによる負担感調査の属性別調査実施項目

負担感 把握内容	把握する心理的 負担時間(距離)	対象駅	属 性			
			出勤目的	高齢者 自由目的	非高齢者 自由目的	非高齢者 業務目的
①タクシー・バス 乗り場の上屋 有無	・雨宿り出来る空 間への移動距離 (時間)	小倉駅	○	○	○	○
②駐車場、駐輪 場施設の状況	・利用時に許容で きる施設と改札 の離れ距離	川西池田駅	○	▲ (P&R 施設 のみ対象)	○	○
③送迎用自動車 乗降場(K&R スペース)の有 無	・利用時に許容で きる施設と改札と の距離	川西池田駅	○	○	○	○

d) 歩行者錯綜空間の通過に関わる評価値

結節点内の歩行者が錯綜している空間における心理的な負担感に関しては、錯綜形態として進行方向交差型と進行方向対面型で時間評価値を取得した。時間評価値は、被験者が錯綜空間を通過する際に感じるロス時間について聞き取り調査により設定した。同時にビデオ撮影によりその被験者の実際のロス時間を計測し、単位長さあたりの心理的負担を算出することで、心理的負担時間として捉えた。

表 5-6 歩行者錯綜空間の通過による負担感調査の属性別調査実施項目

負担感 把握内容	把握する 内容	対象駅	属 性			
			出勤目的	高齢者 自由目的	非高齢者 自由目的	非高齢者 業務目的
錯綜状況負担感	・ロスしていると 感じる時間	京橋駅	○	○	○	○
		金山総合駅	○	○	○	○

③調査サンプル数

目標とする調査サンプル数については、以下の方針に基づいて設定した。

単純無作為抽出における標本の大きさは、下式により決められる。

$$n = \frac{N}{\{(N-1)d^2/t_{\alpha}^2\alpha^2\}+1} \quad \dots(5.1)$$

N : 母集団の大きさ n : 抽出サンプル数
 t_{α} : 信頼度係数 ($\alpha=0.05$ のとき $t_{\alpha}=1.96$)
 d : 許容する誤差

(1) 式はNが十分に大きく、nが小さい場合は、(5.1) 式は
 $(N \doteq N-1, N \gg n \text{ で } N-n \doteq n-1)$

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 \delta^2}{d^2} \quad \dots(5.2)$$

となり、 $\delta^2 = P \times (1 - P)$

P : 母集団の比率 (二者択一の場合は $P=0.5$)

(厳密には $P \times (1 - P) = \frac{n}{n-1} P \times (1 - P)$ となり、サンプルの回答比率と一致せず、サンプル数 20 で 5%の差を含む。)

アンケートの選択肢は 4 肢又は 5 肢を用いているが、どのような回答比率が得られるか不明であるので、二者択一 (2つの選択肢の間で回答が分かれる。) として許容する誤差とサンプル数の関係 (信頼度 95% $t_{0.05}=1.96$) を整理すると下表となる。

表 5-7 許容誤差別の必要サンプル数

許容誤差	サンプル数
5% (± 2.5%)	385
10% (± 5.0%)	96
15% (± 7.5%)	43
20% (± 10.0%)	25

従って、本調査ではこの結果を基に、1 駅 1 質問項目について 96 サンプルの確保を目標数とした。各移動手段、施設形態別での取得サンプル数を表 5-8, 5-9 に示した。

表 5-8 実態調査において取得したサンプル数(等価時間)

基準となる行動要素	等価時間係数を取得する行動要素	取得対象駅	属性等				合計
			通勤目的	高齢者自由目的	非高齢者自由目的	非高齢者業務目的	
水平移動	階段上り	小倉駅 京橋駅	58	154	177	53	442
水平移動	階段下り	小倉駅 京橋駅	56	54	60	55	225
立位	座位	上大岡駅 南方駅	206	166	157	164	693
階段上り	エスカレーター上り (乗ったまま)	金山総合駅 上大岡駅	159	138	122	141	560
	エスカレーター上り (歩いて利用)	金山総合駅 上大岡駅	359	346	335	330	1,370
階段下り	エスカレーター下り (乗ったまま)	金山総合駅 上大岡駅	131	108	100	110	449
	エスカレーター下り (歩いて利用)	金山総合駅 上大岡駅	321	324	304	305	1,254
水平移動	動く歩道 (歩いて利用)	小倉駅 川西能勢口駅	85	304	77	166	632
水平移動	動く歩道 (歩いて利用)	小倉駅 川西能勢口駅	307	300	322	300	1,229
立位(待ち)	水平移動 (迂回)	金山総合駅 上大岡駅	102	200	50	197	549
水平移動	シェルターつき 歩道の水平移動	小倉駅 川西能勢口駅	170	167	170	163	670
			1,954	2,261	1,874	1,984	8,073

表 5-9 実態調査において取得したサンプル数(等価時間)

			取得対象駅	属性等				合計
				通勤目的	高齢者自由目的	非高齢者自由目的	非高齢者業務目的	
情報の有無	移動に関する情報	移動に関する情報 取得時の損失時間	小倉駅 京橋駅	—	277	272	276	825
	運行に関する情報	接近情報取得の為の 損失時間(移動距離)	上大岡駅 南方駅	293	291	291	289	1,164
		遅延情報取得の為の 損失時間(移動距離)	金山総合駅 川西能勢口駅	284	271	284	275	1,114
	利用に関する情報	所要時間・乗り継ぎ案内 取得時の損失時間	小倉、近江八幡 川西能勢口	—	229	237	155	621
		優先座席位置案内 取得時の損失時間	小倉、近江八幡 川西能勢口	—	104	—	—	104
		ノンステップ車両等案内 取得時の損失時間	小倉、近江八幡 川西能勢口	—	92	—	—	92
施設利用形態	上屋が無い待ち空間の心理的負担		小倉駅 近江八幡駅	81	154	162	79	476
	P&R駐車場等の 立体利用に関わる心理的負担		川西能勢口駅	91	79	79	77	326
	C&R駐車場等の 立体利用に関わる心理的負担		川西能勢口駅	107	—	83	82	272
	K&Rスペースが 不足することによる心理的負担		川西能勢口駅	86	78	78	77	319
錯綜空間	進行方向垂直型の 錯綜空間通過に伴う心理的負担		京橋駅	175	101	102	101	479
	進行方向対面型の 錯綜空間通過に伴う心理的負担		金山総合駅	168	170	169	158	665
				1,285	1,846	1,757	1,569	6,457

5-2 等価時間係数や損失時間および心理的負担時間の計測と設定

(1) 等価時間係数や損失時間および心理的負担時間の計測結果

調査対象駅における実態調査結果をもとに、等価時間係数および心理的負担時間を設定した。

①個々の移動形態に対する等価時間係数

属性別・移動形態別の水平移動を基準とした際の等価時間係数は、表 5-10 のとおりである。

表 5-10 属性別・移動形態別等価時間係数

移動形態	属性			
	通勤目的	高齢者 自由目的	非高齢者 自由目的	非高齢者 業務目的
水平移動	1.00	1.00	1.00	1.00
階段上り	1.59	1.60	1.78	1.32
階段下り	1.46	1.15	1.19	1.41
立位	0.76	0.74	0.74	0.72
座位	0.49	0.46	0.43	0.45
エスカレータ上り(乗ったまま)	1.08	1.03	1.25	0.98
エスカレータ上り(歩いて利用)	1.73	1.38	1.92	1.29
エスカレータ下り(乗ったまま)	0.89	0.58	0.80	0.87
エスカレータ下り(歩いて利用)	1.30	0.83	1.07	1.28
動く歩道(乗ったまま)	0.46	0.47	0.47	0.47
動く歩道(歩いて利用)	1.28	1.24	1.32	1.38
シェルターつき歩道の水平移動	0.42	0.42	0.43	0.43

②情報提供の有無に関わる心理的負担時間

属性別の情報提供の有無に係る心理的負担時間は、下表のとおりである。

表 5-11 属性別での情報提供の有無による心理的負担時間

		利用者属性			
		出勤目的	高齢者自由目的	非高齢者自由目的	非高齢者業務目的
乗り換え経路に関する情報に関する項目	乗り換え経路に関する情報がないことによる損失時間		9.4 秒	26.4 秒	17.1 秒
運行車両の接近・遅延等の動的情報に関する項目	接近情報がないことによる損失時間	25.6 秒	26.6 秒	26.4 秒	24.9 秒
	遅延情報がないことによる損失時間	33.9 秒	35.6 秒	38.6 秒	36.3 秒
定常時の運行所要時間や優先座席位置案内等の静的情報に関する項目	所要時間情報がないことによる損失時間		14.7 秒	20.5 秒	17.9 秒
	優先座席位置案内がないことによる損失時間		8.8 秒		
	ノンステップ車両等案内がないことによる損失時間		7.8 秒		

※移動に関する情報については、出勤目的にとって日常的な移動に係る情報のため、当該情報の有無による心理的負担しないものとしている。

※利用に関する情報のうち、優先座席位置、ノンステップ車両等の案内については、移動制約者を対象とした情報内容となるため、当該情報の有無に伴う心理的負担時間計測対象としては、高齢者自由目的のみとしている。

③施設形態の別に伴う評価値

属性別の利用施設形態の別による心理的負担時間は、下表のとおりである。

表 5-12 属性別での施設形態の別に伴う心理的負担時間

	利用者属性			
	出勤目的	高齢者自由目的	非高齢者自由目的	非高齢者業務目的
上屋が無い待ち空間の心理的負担時間	7.4 秒	12.4 秒	15.1 秒	8.5 秒
立体駐車場の階上部利用による心理的負担時間	33.8 秒	25.0 秒	31.0 秒	26.7 秒
立体駐輪場の階上部利用による心理的負担時間	14.2 秒		15.6 秒	16.8 秒
K&Rスペースがないことによる心理的負担時間	39.2 秒	39.3 秒	41.3 秒	40.8 秒

※C & R駐輪場については、高齢者自由目的の利用が極めて少ないため、当該評価値の対象からは除いている。

④歩行者錯綜空間における評価値

本調査で検討した錯綜形態別の心理的負担の捉え方については、評価対象となる経路のうち、歩行者錯綜が見られる空間を対象に、歩行者密度を計測した。さらに歩行者錯綜の状況別（進行方向交差型、進行方向対面型）に下式を用いて心理的負担時間の算定を行うこととした。

$$(\text{対象錯綜区間の心理的負担時間}) = l * L \quad (5.3)$$

ここで、 l ：錯綜区間を移動する際に被験者が感じた単位mあたりの心理的負担（秒/m）

L ：評価対象となる歩行者錯綜空間距離（m）

表 5-13 各錯綜形態の利用者属性別の心理的負担値I(秒/m)

	進行方向垂直型	進行方向対面型
出勤目的		

非高齢者自由目的	0.4	0.6

非高齢者業務目的		

高齢者自由目的	0.8	1.0

なお、歩行者錯綜に関わる心理的負担を捉える目安としては、本調査で把握した歩行者錯綜空間を通過する際の満足度（進行方向交差型・対面型）と歩行者密度の関係からすると、図5-2、5-3に示すとおり 0.6人/m²程度以上を目安とすることが考えられる。（0.6人/m²を越えると錯綜空間通過者のうち快適・不快に感じないとする人は約5割程度に減少）

なお、高齢者については、密度に関わりなく動線の錯綜に対して心理的負担が大きい傾向にあり、高齢者の多い交通結節点においては動線錯綜が有れば評価対象とすることが望ましい。

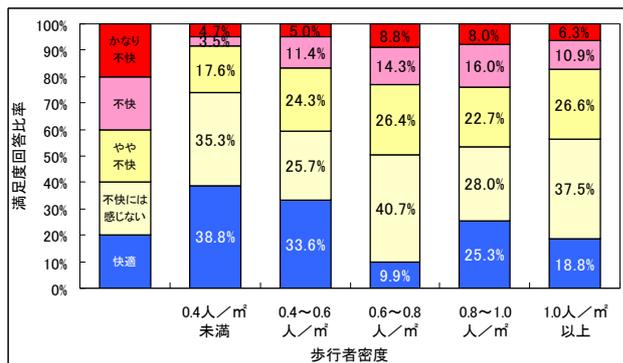


図5-2 空間満足度と歩行者密度の関係(交差型)

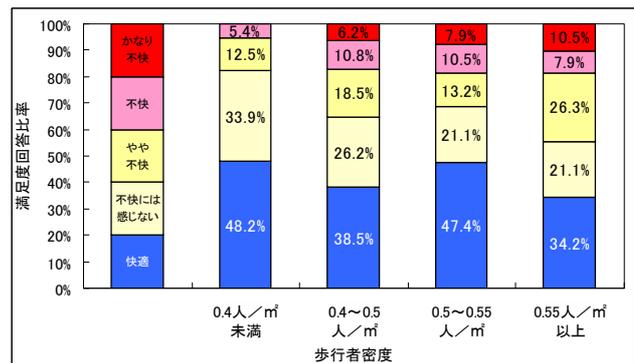


図5-3 空間満足度と歩行者密度の関係(対面型)

(2) 設定した等価時間係数の既往研究算定値との比較

本調査にて設定した等価時間係数と、既往研究で設定されている等価時間係数、時間評価値を比較した。設定値が比較的安定している行動として、通勤目的・自由目的の階段上り、エスカレータの上り等があり、代表的な評価値として利用可能であると考えられる。一方、他の行動や目的については、各研究の目的、調査場所・方法の差異、通勤のように条件が異なるためか、必ずしも安定していない。

表 5-14 本調査で設定した等価時間係数と既往研究での算定値との比較

		本調査	都市公共交通ターミナルにおける乗り換え抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究 (京都大学)	鉄道駅における乗り換え行動の負担度とアクセシビリティに関する研究 (大阪大学)	都市鉄道駅における乗り継ぎ利便性向上施策の評価手法に関する研究 (運輸政策研究機構)
階段上り	通勤目的	○ 1.59	○ 1.42		○ 1.32
	高齢者	1.60	2.89		
	自由目的	○ 1.78	(娯楽) 1.62		
	全属性			2.23	
エスカレータ上り (歩いて利用)	通勤目的	○ 1.08			
	高齢者	○ 1.03			
	自由目的	○ 1.25			
	全属性			○ 1.25	
階段下り	通勤目的	○ 1.46	0.94		○ 1.22
	高齢者	1.15	2.93		
	自由目的	1.19	0.91		
	全属性			○ 1.53	
エスカレータ下り (歩いて利用)	通勤目的	1.30			
	高齢者	0.83			
	自由目的	○ 1.07			
	全属性			○ 1.05	
立位	通勤目的	0.76	0.57		
	高齢者	0.74	0.27		
	自由目的	0.74	0.27		
	全属性			* 1.56	
座位	通勤目的	○ 0.49	○ 0.53		
	高齢者	0.46	0.14		
	自由目的	0.43	0.22		
	全属性				
備考	水平移動1.00乗換え行動コスト(円/分)の水平歩行時間に対する比 ○：他研究推定値との差がJR京都駅 20%以内 水平歩行との等価時間をアンケート *待ち時間として質問 梅田駅、東梅田、西梅田駅、郵送回収 経路選択モデルから時間評価値(円/分)を算定 大都市センサデータを基に分析				

5-3 乗り換え時間計測と移動形態別歩行速度の検討

(1) 乗り換え時間計測調査の概要（実態調査）

交通結節点の評価において、移動形態別負担感調査により把握される一般化時間に対し、実際の移動距離や混雑状況等を加え評価を行っていくことから、駅毎に評価対象とするルートを設定し、その乗り換え経路の所要時間を移動形態別に把握した。さらには、混雑状況別での歩行速度の検討を行うため、混雑区間の5分間歩行者通行量調査を実施しており、歩行者密度の計測を行うための対象区間の幅員等調査も併せて行った。

なお、乗り換え経路上の所要時間の計測にあたっては、以下の方針に沿って計測条件を設定した。

- 各調査対象駅での主流な（朝ピーク時）乗り換え経路を対象とした。
- 計測項目は乗り換え経路の移動形態別（区間別）での移動時間、及び対象となる乗り換え経路上で混雑が見られる区間の通行量とした。

(2) 移動形態別歩行速度の検討の考え方

①移動形態別歩行速度の分析方針

交通結節点の整備計画立案や整備効果の把握を行う際など乗り換え時間計測が不可能な場合でも所要時間を推測可能とするため、調査対象駅での乗り換え経路における乗り換え時間計測調査の中で計測した歩行者通行量、及び歩行者通行量を計測した区間の通過速度を用い、基本的な移動形態（水平移動、上下移動等）を対象に歩行速度のモデル化を検討する。

なお、モデル化にあたっては、混雑状況を加味した上での構築を目指すため、乗り換え時間計測調査時に計測した幅員等の要素を用い、混雑指標についても検討を行う。

②モデル構築の考え方

乗り換え経路における乗り換え時間計測調査では、任意の区間の5分間歩行者通行量、任意の区間の通過時間、任意の区間の延長・幅員等（階段やエスカレータであれば高さ、エスカレータの運行速度）を把握していることから、混雑状況を判断する指標として、任意の区間の歩行者混雑度（歩行者交通量と歩行者交通容量の比）を捉えた。さらに、歩行者混雑度を混雑状況を踏まえた歩行速度の説明変数とし、歩行者混雑度と歩行速度の相関からモデル式を作成した。

(3) 混雑指標（歩行者混雑度）の考え方

本調査で実施した乗り換え時間計測調査において、乗り換え経路における水平移動、階段上り・下り、エスカレータ上り・下りの5つの移動形態を対象に、任意の区間の歩行者通行量を把握しており、併せて当該区間の幅員を計測していることから、これら要素を用い混雑状況を判断する指標として歩行者混雑度（con）を設定した。具体には、任意の区間の幅員を基に立体横断施設技術基準・同解説による階段、歩道部の流動係数を用いた任意の区間の歩行者交通容量を算出し、任意の区間の1分間歩行者通行量を除することで任意の区間の歩行者混雑度として算出した。

$$\text{con (歩行者混雑度)} = \frac{m_{5\text{min}} / 5 \text{ (分)}}{Q} \quad (5.4)$$

$m_{5\text{min}}$: 5分間歩行者通行量 (人/5分)

Q : 任意の区間の歩行者交通容量 (設計歩行者数 (人/分))

ここで、 $Q = w \times N$

w : 任意の区間の幅員 (m)

$N = 5.4$ (立体横断施設技術基準・同解説による階段、歩道部の流動係数 (人/m・分))

但し、エスカレータにおける Q の値は、エスカレータ自体の昇降速度が通常階段利用時の昇降速度とほぼ同等であるため、エスカレータ歩行利用時は階段利用時の倍の処理能力があると判断し、階段における Q の2倍を容量として設定した。

(4) 混雑指標を加味した移動形態別移動速度のモデル化

乗り換え経路上での水平移動、階段上り・下りを対象に、(3)に示した歩行者混雑度と各移動形態別の歩行速度の関係からモデル化を行った。

表 5-15 に本調査で設定した水平歩行及び階段上り・下りにおける混雑状況を加味した歩行速度モデル式を示す。

表 5-15 混雑時の各移動形態の歩行速度モデル式

水平歩行速度算定式	$V_{\text{level}} = -0.562 \text{ con} + 1.404 \quad (5.5)$ $V_{\text{level}} : \text{水平移動歩行速度 (m/秒)}$ $\text{con} : \text{混雑指標 (歩行者混雑度)}$
階段上り歩行速度算定式	$V_{\text{up}} = -0.1489 \text{ con} + 1.703 \quad (5.6)$ $V_{\text{up}} : \text{階段上り歩行速度 (段/秒)}$ $\text{con} : \text{混雑指標 (歩行者混雑度)}$
階段下り歩行速度算定式	$V_{\text{down}} = -0.0938 \text{ con} + 1.713 \quad (5.7)$ $V_{\text{down}} : \text{階段下り歩行速度 (段/秒)}$ $\text{con} : \text{混雑指標 (歩行者混雑度)}$

注) 上式内での歩行者混雑度 (con) は以下のように表される。

$$\text{con} = M / Q$$

ここで、M : 歩行者数 (人/分)

Q : 歩行者空間容量 (人/分)

$$Q = W \times N$$

ただし、W : 対象区間の幅員 (m)

N : 対象区間の幅員 1m 当たりの流動係数 (54 人/m・分、立体横断施設技術基準・同解説による階段、歩道部の流動係数)

【参考：既存文献等において整理されている歩行者の通行障害が生じるとされる混雑指標の目安】

水平歩行時及び階段利用時において、下表の交通流量を上回る場合、または歩行者空間モジュール (歩行者占有率) を下回る場合に混雑状況を加味した歩行速度を設定することが望ましい。

表 5-16 歩行者の通行障害が生じるとされる混雑指標の目安

	交通流量	歩行者空間モジュール
水平歩行時	33人/m・分	2.5m ² /人
階段利用時	23人/m・分	1.5m ² /人