土木学会論文集D3（土木計画学), Vol.77, No.5（土木計画学研究・論文集第39巻), I_757-I_764, 2022.

交通結節空間の移動と待合を考慮した乗換抵抗に関する研究

大塚　優作[1]・土井　健司[2]・葉　健人[3]・青木　保親[4]

[1]非会員　大阪大学大学院　工学研究科地球総合工学専攻（〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1）
E-mail: otsuka.yusaku@civil.eng.osaka-u.ac.jp

[2]正会員　大阪大学大学院教授　工学研究科地球総合工学専攻（同上）
E-mail: doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

[3]正会員　大阪大学大学院助教　工学研究科地球総合工学専攻（同上）
E-mail: yoh.kento@civil.eng.osaka-u.ac.jp (Corresponding Author)

[4]学生会員　大阪大学大学院　工学研究科地球総合工学専攻（同上）
E-mail: aoki.yasuchika@civil.eng.osaka-u.ac.jp

インターネットに加えICTの普及や新型コロナウイルス感染拡大の影響でテレワークが増加し，公共交通の在り方に対する意識が変化している．特に移動・待合中における居心地の良さが重要視されつつあるものの，居心地の良さを含めた交通結節空間の評価は行われていない．そこで本研究では乗換空間の居心地の良さを考慮したアンケート調査を実施し，仮想的な乗換経路選択モデルを構築した．このモデルのパラメータ推定結果に基づき，交通結節空間における移動環境及び待合環境の設備が利用者に与える心理的抵抗を定量化した．そしてこの結果を用いてLingerabilityの高さに関する評価を行った．

Key Words : *transportation node, transfer space, coziness, mobile work, MaaS*

1. はじめに

近年，わが国ではインターネットやICTの普及によりモバイルワークを含むテレワークが普及し，特に，2020年以降は新型コロナウイルスの感染拡大を受け，テレワークの需要がより一層高まっている．その結果，東京都によると2020年7月以降2021年3，4月を除き転出超過が続いており，年度替わりの3月から4月の転入数も例年よりは大幅に減少している．年齢階層別にみると，転出超過の傾向は30歳代，40歳代およびその子世代の15歳未満で顕著である[1)]．

こうした情勢を受け，国交省は新型コロナ危機を契機としたまちづくりの方向性[2)]を提案し，パリの15分都市に代表される職住近接のまちづくりや職住に関わる場所の多様化を求めた．その結果，鉄道各社によりワーケーションや地方暮らしと都市への交通サービスを合わせて提供する実証実験がなされている．このように都市郊外および地方への移住や，地方部でのワーケーションなどのテレワークを主とし，低頻度の長距離通勤にシフトするライフスタイルが注目されつつある．また，新型コロナ危機を契機としたまちづくりの方向性では，移動時間の削減および質の高い待合環境などにより生み出された，有効活用が可能な時間に対する価値を表す時間価値の重要性についても言及している．この時間価値は，公共交通においては乗車中より乗換中が高いとされている[3)]．そのため乗換中における隙間時間の活用がより一層重要となる．一方で，切符のチケットレス化・モバイル化といった要因から，鉄道各社ではみどりの窓口などの有人カウンターの大幅削減が発表されている．こうして発生した余剰空間は都市圏を中心にモバイルオフィスとしての利用が増加しているように滞在空間としての利用に関心が高まっている．

また，2019年に「都市の多様性とイノベーションの創出に関する懇談会」において居心地が良く歩きたくなるまちなか[4)]が提言されたように，居心地の良く居続けたくなる空間が政策レベルでも意識されている．しかし，航空業界におけるラウンジなど長距離の都市間交通では居心地の良さが意識されているが，鉄道などの国内移動における交通モード相互の乗り換えに関わる空間を対象に，居心地の良い待合環境が追求される例は先述したモ

バイルオフィスの普及にとどまる．なお，本稿では，交通結節空間を駅前広場やバスターミナルなど各種交通モード相互の乗換施設に加え，それらの施設群とまちを接続する道路空間等を含むものとして定義する．

これまで交通結節空間上にある設備を利用したときの心理的抵抗を移動時間から算出した先行研究[5)-10)]は幾つか見られる．しかし，これらは階段やエスカレーターの有無などといった交通結節空間における移動環境の評価にとどまっており，ラウンジ設備の有無などといった待合環境について移動環境と対等に取り扱った研究はない．特に移動環境や待合環境における空間の居心地の良さは意識されていない．また近年では交通結節空間における交流機能といった付加価値に関する研究も行われつつある[11)]が，これらの効果を定量化した研究は見当たらない．

そこで本研究は，交通結節空間の居心地の良さや心理的抵抗が経路選択に与える影響を空間抵抗として捉え，交通結節空間ごとの時間抵抗との比を比較し，交通結節空間の改善に資する知見を得ることを目的とする．そのために，待合環境に関する複数の代替案を考慮し，先行研究では空間的な側面に着目された乗換抵抗を，空間抵抗と時間抵抗とに区分した分析を試みる．

2. 交通結節空間評価手法の構築

(1) 交通機能における交通結節空間の役割

本研究では，まず交通結節空間の持つ空間性能を4つの視点で分類した．4つの性能の中でより基本的なものは，容易に空間把握ができるというLegibilityと利用者にとって施設やそのサービスへの接近可能性Accessibilityという2つの性能である．これらの例として具体的には，案内図の有無や乗換案内のわかりやすさ，乗換経路の見通しの良さ，経路の単純さや水平垂直の移動距離などが指標として挙げられる．3つ目の性能は，乗換時の歩行移動のしやすさを示す狭義でのWalkabilityである．具体的には，空間の利用に関わる物理的および心理的抵抗が小さい状態を指し，移動空間における動く歩道やエスカレーターの設置，待合空間においてはベンチやエアコンなどの設置などが挙げられる．そして4つ目の性能として居心地の良さに関わるLingerability[12)]がある．具体的には，休憩場所に加えラウンジやシェアオフィスの設置等による待合空間における付加価値の向上が挙げられる．

プロダクトデザインにおいては，Accessibilityは基本的な利用のための要件であり，立場やコンテクスト，メンタルモデルに応じた望ましい利用を実現するためのより高次の要件はUsabilityと呼ばれる[13),14)]．この区分に当てはめるならば，WalkabilityとLingerabilityは主として移動時と待合時の身体的・心理的負荷（抵抗）に関連した交通結節空間のUsabilityと位置付けられる．本研究は，4つの空間性能の間に明確な階層性を想定するものではないが，Legibilityや Accessibilityに比して，Usabilityに属するWalkabilityとLingerabilityはより高次の性能要件と考えられる．Millonigら[15)]は，移動のしやすさに加え，滞留の正の側面を活かした魅力向上が求められることを指摘し，今後の交通結節空間の整備においてLingerabilityの向上が重要な課題となることを示唆している．

(2) 乗換抵抗の定義

交通結節空間におけるWalkabilityは身体的抵抗および心理的抵抗の双方に起因するが，Lingerabilityは主として時間的抵抗に起因する．本研究では，両者に共通する心理的抵抗に着目して乗換抵抗を捉えるものとする．なお，乗換抵抗は一般的には，物理的な抵抗を費用便益のほか距離や身体活動量に換算し算出されるが，待ち時間は移動を伴わないため距離などの換算が困難である．そこで，本研究では移動・待合環境への心理的抵抗を時間に換算し算定を試みる．この乗換抵抗は，その空間における移動と滞留に要する実際の時間（実時間）に対する心理的体感時間の比を表す抵抗係数を乗じて定義する．

また，本研究では乗換抵抗を時間による要因と空間による要因の2つの要因に分類しそれぞれ時間抵抗R_{time}と空間抵抗R_{space}とする．この時，交通結節空間全体での乗換抵抗と時間抵抗及び空間抵抗の関係は式(1)で表す．

$$R = R_{time} + R_{space} = \sum_k r_k\, t_k \qquad (1)$$

$$r_k\, t_k = t_k + r_{sk}\, t_k \qquad (2)$$

ここで，R：経路全体における乗換抵抗
R_{time}：時間抵抗（実時間の総和）
R_{space}：空間抵抗
r_k：設備kにおける抵抗係数
t_k：設備kを実際に使用した時間(s)
r_{sk}：設備kにおける単位当たりの空間抵抗

時間抵抗は時間経過に対する心理的抵抗を指す．そのため実時間と等価と考えることができる．よって，時間抵抗は実時間で表す．また，空間抵抗とは空間に起因した心理的抵抗であり，移動環境では垂直移動の有無や昇降機の有無，道路横断の有無などが挙げられる．また待合環境においても待合設備の違いによる心理抵抗の変化がある．このとき，ある設備kにおける単位時間当たりの空間抵抗をr_{sk}とし，ある設備kをt_k秒使用したときの乗換抵抗は式(2)となる．

この空間抵抗が負となる場合，その空間において実時間よりも心理的な時間的な負担が少ないため，Lingerable

な空間と定義できる．また式(3)と表現できる空間抵抗と時間抵抗の比を時空間性能比と定義する．

$$\tan\theta = R_{space}/R_{time} \quad (3)$$

この時空間性能比は，時間のストレスが空間の質により影響される度合いを表す目安と位置付けることができる．時間抵抗は必ず正の値をとるため，時空間性能比の値の正負は空間抵抗の値に依存し，時空間性能比が負の値をとる際には，時間のストレスが空間の質により軽減され，Lingerable な状態であると評価できる．このことから，Lingerability は時空間性能比を用いて**表-1** のように解釈することができる． また，時空間性能比は時間抵抗に対する空間抵抗の大きさを傾きとして表現しているため，θを用いている．

(3) 推定手法

本研究では先述の抵抗係数を乗換経路選択モデルのパラメータとして推定した．条件の異なる2つの乗換経路の概略図から好ましい経路を選ぶ調査を実施し，回答者による乗換経路の相対的な評価を行った．そこで，調査中の各設問で存在する各移動，待合に関わる設備ごとの使用時間を説明変数，経路選択結果を目的変数とした非集計二項ロジットモデルを作成する．ランダム効用に基づく非集計ロジットモデルでは，効用の誤差分布は選択肢間で独立という仮定の下に適用される．しかし現実には選択肢間には類似性が存在することから，近年の研究では選択肢ペア間の類似性をパラメータとして与えるPCL[16),17)]などが提案されている．しかし，PCLにおいては分析者による選択肢の束ね方が推定結果に大きな影響を与え，慎重な検討を要するため[16)]，本研究ではモデルを簡略化し，単純な非集計二項ロジットモデルを用いることとした．このモデルの効用関数は式(4)のように表される．

$$V_{inj} = \sum_{k \in K_{ij}} \gamma_{kij}\, t_{kij} \quad (4)$$

ここで，

V_{inj}：設問 i で個人 n が経路 j を選択する時の効用関数

γ_{kij}：設問 i の経路 j における手段 k のパラメータ（ただし選択肢内に類似がある場合その手段は除く）

t_{kij}：設問 i の経路 j における手段 k の所要時間(s)

K_{ij}：設問 i における移動・待合手段の集合

経路jを選択するときの選択確率P_{inj}のモデル式は効用関数V_{inj}を用いて式(5)で表せる．

$$P_{inj} = \frac{\exp(V_{inj})}{\exp(V_{in1}) + \exp(V_{in2})} \quad (5)$$

この時，水平歩行時間と待合室外での待ち時間に関する抵抗係数は同じと仮定し，これらの時間の合計を基本時間と定義する．これは水平歩行が移動の中で最も基本的な行動であり運動負荷も他の移動に比べ小さいためである．また乗換において基本時間での移動と待合が最も基本的な状態と考えることができるため，基本時間での抵抗係数は1とする．そのため，推定された各パラメータを基本時間で除したものを抵抗係数とする．

3. 仮想的な乗換経路選択に関する調査

(1) 調査概要

抵抗係数の算出のため，概略図を用いた経路代替案調査を行った．

調査対象は大学生とその関係者そして会社員で，合計で156名から回答が得られた．調査は2020年11月と2020年12月末から2021年1月初旬の2回実施した．また，新型コロナウイルス感染予防の観点から交通結節空間の現地では調査を行わず，配布式の調査用紙による記述回答およびgoogle formを活用したweb回答を行った．特に対面での調査を避けるため回答はweb回答を基本とし，第2回調査時はすべてweb回答となっている（**表-2**）．

回答者の属性は**表-3**に示す通りである．普段から公共交通を利用する20代，学生の回答が多くなった一方，高齢者や子ども，通勤を伴う会社員以外の社会人の回答を得られていない点に留意したい．本研究の結果として算出される交通結節空間の評価指標は，今後モバイルワークを行いうる若者世代を中心に通勤・通学で公共交通を利用している人の評価であるといえる．ただし，サンプ

表-1 時空間性能比による居心地の良さの解釈

$\tan\theta < 0$	空間の居心地の良さにより時間抵抗をなくした正の価値がある状態
$0 < \tan\theta < 1$	時間換算された空間のストレスは時間によるストレスより小さい状態
$1 < \tan\theta$	空間のストレスが時間のストレスより大きい状態

表-2 調査の実施概要

目的	乗換経路選択における傾向把握
調査対象	大学生とその関係者，通勤会社員
調査期間	第1回調査 令和2年11月7日～令和2年11月15日 第2回調査 令和2年12月25日～令和3年1月8日
収集方法	調査用紙及びWeb回答
回答者数	156名 第1回調査時web回答87名，記述回答10名 第2回調査時web回答59名

ル数の問題から，本研究では年齢，性別などの個人属性は説明変数として扱えていない．

この経路代替案調査は，鉄道からバスへの乗換を想定した**図-1**のような概略図を2つの代替案として提示し，好ましい経路を選択する二項選択方式で15問の質問をした．これは，複数経路での相対評価をした場合，それぞれの経路に順位を評価することが被験者にとって難易度が高く，調査結果が正しく得られない可能性があるためである．また，本調査で実地や映像による評価でなく概略図を用いたのは，被験者の認知や気象などのバイアスを除去するためである．

(2) 仮想乗換の代替案

設問では調査対象が都市圏在住であることが想定されていたため，大阪駅などの大規模な駅における旅行やワーケーション中の乗換を想定しており，出発地から目的地までの総移動時間と乗換時間が異なる時間条件を以下の3種類の条件に分類しそれぞれ設備条件の異なる5つの設問を設けた．

- a: 総移動時間1時間で乗換時間10分の場合（荷物少）
- b: 総移動時間3時間で乗換時間30分の場合（荷物多）
- c: 総移動時間6時間で乗換時間60分の場合（荷物多）

表-3 回答者属性

		～29歳		30～59歳		60～	総数
		男	女	男	女	男	
学生	通学利用有	37	16	0	0	1	54
	通学利用無	15	6	0	0	0	21
会社員	通勤利用有	20	6	24	7	4	61
	通勤利用無	3	1	0	3	3	10
その他	通勤利用有	1	0	0	3	2	6
	通勤利用無	0	0	0	4	0	4
総数		76	29	24	17	10	156

これらの時間条件はaでは日帰り旅行，bでは1泊2日程度の旅行，cでは2泊以上の旅行を想定している．

また本研究では滞留・待合環境の充実度の差異による交通結節空間のLingerabilityに関する意識変化を把握することが目的であるため，待合室居心地の良さとモバイルワーク環境の充実度の差異では**表-4**に示す4種類に分類した．

設問設定は**表-5**に示すように時間条件に対して3問は設備条件を同一のものとしたが，残り2問は時間条件ごとに異なる設備条件とした．この設問の条件は，時間条件a, b, c，各時間条件内の設問番号1, 2, …,5，二項の選択肢α，βを併せて表示し，例えば**図-1**の例では，(a-1-β)と表す．この時，経路代替案調査において区別した設備は次の通り再分類を行っている．

まず，屋根と荷物の大小については有意な結果が得られなかったため本推定では考慮しなかった．これは屋根の有無については調査時に天候は良いとしていたこと，荷物の大小については実際に荷物を持っていないため被験者が想像しがたかったことが考えられる．

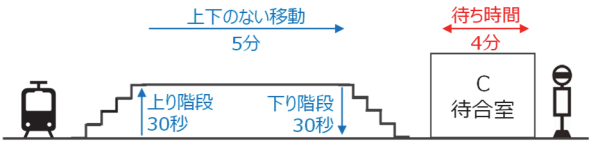

図-1 仮想乗換経路の一例(a-1-β)

表-4 待合環境の分類

ラウンジ待合室(A)	ネット喫茶待合室(B)	エアコン待合室(C)	待合室なし
屋根，エアコン，ベンチ			立位
ネット設備，コンセント 喫茶スペース			
有料個室 ラウンジ			

高←居心地が良さ，モバイルワーク環境の充実度→低

表-5 経路代替案調査における設問一覧

時間条件		共通			a(10min)		b(30min)		c(60min)	
設備条件		1	2	3	a-4	a-5	b-4	b-5	c-4	c-5
待合空間	待合室なし	○								
	エアコン待合室	●	●	●	●	●		●	●	
	ネット喫茶待合室		○		○	○	○			●
	ラウンジ待合室			○			●	○	○	○
移動空間	水平移動(420s 300s)	○●	○●	◇●	○	◇●	○●	◇	○●	◇●
	動く歩道(300s)				●			●		●
	階段(60s 30s)	●	○		△●		○			
	昇降機(120s 90s 60s 30s)		●	◆	△	◆	○●	◆	▽●	◆
	道路横断待ち(30s)	○								
屋根(全区間)		●	–	○	–	○	–		–	–
凡例		-経路α,β共通　○経路αのみ　● 経路βのみ 例外　水平移動◇◆420sec ○●300sec　階段○●60sec △▲30sec 昇降機◇◆120sec ▽▼90sec ○●60sec △▲30sec								

その上で，垂直移動については上りと下りで心理的抵抗に対する変化が考えられるが，荷物の大きさの影響を考慮しない分析上では，本概略図における経路では上りと下りともに行うため，両方向を一括で考慮している．また， エスカレーターとエレベーターは自身の運動を伴わない垂直移動であり，移動のための運動に対する心理的抵抗がないことから荷物の考慮がないことも勘案し昇降機として一つの項目とした．このように垂直移動を階段と昇降機の二つに分類したのは，双方に身体的負担がない点で心理的負担の大きさが同一であるためである．道路横断については横断中は水平移動と同じ行動を行うことから，乗換先に到着する前に待つことが強いられ心理的負担を要する道路横断待ちの時間として検討を行った．これらは，本調査が待合環境の影響を把握することが目的であることに起因する．

(3) 学生と社会人の待合環境への意識の差異

ここで，待合環境に対する回答者属性ごとの時間価値と利用料金への意識を把握するため，時間条件が異なるときも設備条件が同一となる3つの設問に対し，学生以外を一括りにした社会人全般と学生を分類し経路選択を集計した．ここで回答者を学生と社会人の2つのグループに分けている理由は，選択に及ぼすに利用者の経済力や立場の違いを考慮するためである．この選択比率の差異を統計的に検証するためにカイ二乗検定を行った．

表-6はその結果を表している．設問b-2, b-3, c-2のとき，学生と社会人の経路選択に有意差が見られた($p<0.05$)．

設備条件2ではネット喫茶待合室を含む経路αとエアコン待合室を含む経路βを比較している．この設備条件で時間条件b, cのとき社会人に比べて学生が経路αを選好している．これは学生が社会人に比べて待ち時間が長くなるにつれてWi-Fiや充電設備などの無料のモバイル環境や必要に応じて利用可能な喫茶設備を重要視していると考えられる．

一方で設備条件3はラウンジ待合室を含む経路αとエアコン待合室を含む経路βの比較を行っている．この時，

表-6 学生と社会人の経路選択結果

時間	設備条件	1		2		3	
条件	経路	α	β	α	β	α	β
(a)	学生(人)	40	35	9	66	55	20
10分	社会人	48	33	14	67	62	19
カイ二乗値		0.341		0.496		0.077	
(b)	学生	47	28	16	59	27	48
30分	社会人	48	33	5	76	47	34
カイ二乗値		0.073		6.44**		6.72***	
(c)	学生	26	49	26	49	38	37
60分	社会人	30	51	9	72	48	33
カイ二乗値		0.020		11.100***		0.841	

10%有意*, 5%有意**, 1%有意***

時間条件bで社会人が経路αを選好している．このことからラウンジなどの有料の空間提供については，社会人のほうが比較的短い時間であっても選択する傾向があると考察できる．また，時間条件aのときには有料ラウンジ待合室を持つ経路αの選択傾向が高いが，これは乗換時間が短いときの選択においては利用時間の短い待合環境よりも移動環境の条件を重視して選んだ結果であると考えられるため，待合環境の効果は待ち時間が長くなるにつれて大きくなると考えられる．なお，次章では学生と社会人の分類や，乗換時間の長短による抵抗係数の推定は行っていない．これは，モデルの構築に際し，十分なサンプル数を確保できないためである．

4. 抵抗係数の推定

(1) 抵抗係数の算出

前章で述べた調査の結果を用い，非集計二項ロジットモデルのパラメータを推定した結果，**表-7**が得られた．

尤度比検定の結果，尤度比が0.124となり，モデル全体の有意性が示され，また全てのパラメータのt値が5%有意であった．さらに，パラメータ推定値がすべて負の値をとっており符号条件を満たしている．階段移動や横断待ちといった抵抗が大きいと考えられる項目のパラメータは，待合室などの乗換抵抗が低いと考えられる項目のパラメータよりも小さい値をとっており，妥当なモデルといえる．

ただし，この分析結果は調査の条件やサンプルの状況，Lingerabilityの評価といった本研究の目的を勘案し，鉄道バス間の乗換において，それぞれの乗降場所のレベルが同一の時に，普段から公共交通を利用している会社員や学生が出張や観光する場合を想定した結果であることに留意されたい．

表-7 抵抗係数の推定結果

説明変数： 設備kの使用時間	パラメータ 推定値	t値	単位当たりの空間抵抗 r_{sk}
基本時間(s)	-0.263	-6.72***	0.00
階段移動時間(s)	-2.324	-13.99***	7.85
昇降機使用時間	-0.570	-9.61***	1.17
動く歩道移動時間	-0.119	-2.27**	-0.55
横断待ち時間	-1.970	-8.77***	6.50
エアコン待合室待ち時間(s)	-0.249	-6.31***	-0.05
ネット喫茶待合室待ち時間	-0.244	-6.21***	-0.07
ラウンジ待合室待ち時間	-0.252	-6.39***	-0.04
サンプル数(156件×15問)	2340		
尤度比	0.124***		
的中率	0.658		

10%有意*, 5%有意**, 1%有意***

(2) 移動環境における空間抵抗

表-7で算出された単位時間当たりの空間抵抗に基づき，まず移動環境における設備ごとのWalkabilityに相当する心理的抵抗の差異を考察する．本研究では移動環境における空間抵抗を乗換失敗の不安，垂直方向による心理的負担，移動の身体的負担の3つの主要因に分類する．また，これらの空間抵抗に対する要因は本研究において設定した移動環境の中では**表-8**で表せる．

まず，乗換失敗の不安は定時性や安全性を下げる要因を指し，仮想乗換経路選択時では道路横断時に含まれる．続いて垂直方向による心理的負担は上下移動自体に感じる心理的抵抗のことで，階段や昇降機の利用時に発生する．移動の身体的負担は，移動に伴う身体的負担を有することに対する心理的抵抗を指しており，水平移動に加え階段利用も含まれる．それぞれの要因のみを持つ道路横断と昇降機，水平移動を比較すると，乗換抵抗は道路横断が最も大きく，水平移動が最も小さい結果が得られた．また，移動の身体的負担には階段移動には昇降機利用，水平移動には動く歩道利用といった低減策が存在する．

これらの空間抵抗の低減策には大きな低減効果が見込まれるものの，設備の整備には莫大な費用がかかるため，バリアフリー対応が必須でない限りは現実的とはいえない．

(3) 待合環境における空間抵抗

続いて，待合環境での単位時間当たりの空間抵抗に基づき，Lingerabilityに関連する心理的抵抗について考察を行う．待合環境の利用料金がかからない場合，待合設備が充実していくにつれて待合室の満足度は向上する．しかし，待合環境の利用に利用料金がかかる場合は，料金に対して不満が発生しトータル満足度を低下させる．すなわち実際の満足度は待合環境の利用が無料と仮定した場合の満足度から利用料金への不満度を引いたものと考えることができるため，待合環境の満足度は抵抗係数の正負を反転させたものといえる(**図-2**)．そのため，今回の推定においては待合設備の充実度が高いものの利用料金のかからないネット喫茶待合室の抵抗係数が最も低くなった．このことから待合環境に対する利用料金が待合環境に対する満足度を低下させており，その結果交通結節空間を居心地の良い空間とすることを阻害している可能性が示唆された．

また，これらの待合室での待ち時間は乗換抵抗を低減する空間性能を持つのに対し，移動中の横断待ち時間は乗換抵抗を大幅に増大させるといった推定結果から，同じ移動を行わない状態であっても，乗換失敗への不安の軽減と待合室の重要性がうかがえる．

表-8 移動環境における心理的抵抗の関係

抵抗量	乗換失敗の不安	垂直方向の心理的負担	移動の身体的負担
大		階段(7.85)	
	道路横断(6.50)		
		昇降機(1.17)	
			水平移動(0.00)
小			動く歩道(-0.55)

括弧内は空間の抵抗係数

5. 交通結節空間におけるLingerabilityと課題

(1) 交通結節空間におけるLingerabilityの評価

具体的な乗換経路に対するLingerabilityの評価を行う．経路a-4-αの時，時間抵抗，空間抵抗および時空間性能比は**図-3**で表現できる．空間の抵抗係数の算出結果からおよびこの経路の場合，待合環境では時空間性能比が $\tan\theta_w < 0$ である．これは待合空間の居心地の良さが，待ち時間に対するストレスを低減させていることを示唆

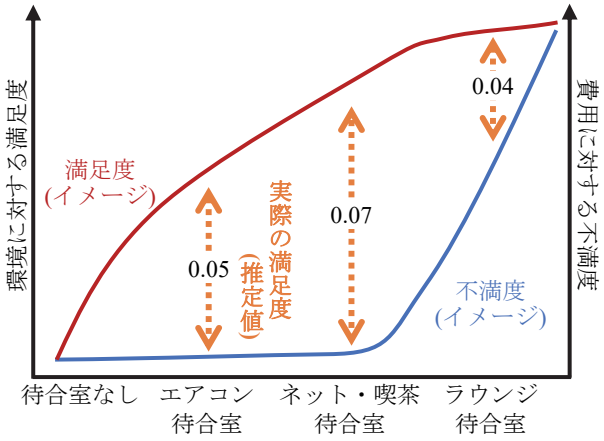

図-2 待合環境に対する満足度

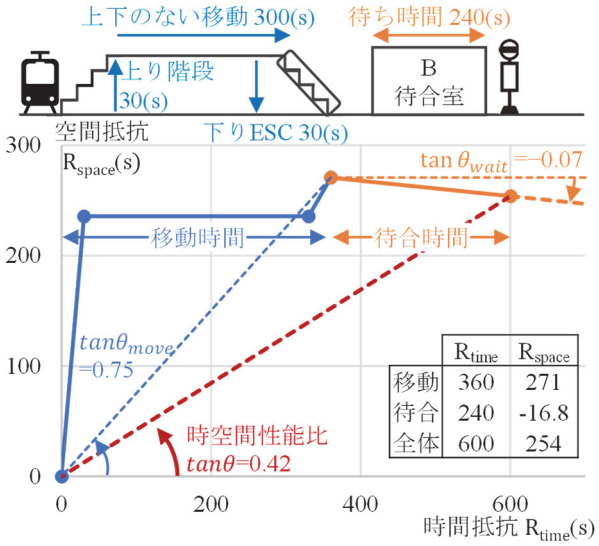

図-3 経路a-4-αでの時間抵抗と空間抵抗の関係

していることから，待合空間は居心地の良い空間であるといえる．そのため，待合空間のLingerability向上により，交通結節空間利用全体における時間消費に起因したストレスが一定程度は軽減されているといえる．しかし，$|\tan\theta_w| \ll |\tan\theta_m|$であることから，乗換時間が短い場合は移動時間全体における待ち時間のストレス軽減効果は相対的に小さくなっており，その効果が発現していない．そこで，これからの交通結節空間整備においては$|\tan\theta_w|$を大きくし，待合環境が利用者にとって十分にLingerableな環境となるよう改善が求められる．

(2) Lingerabilityの向上に資する方策

以上の考察から，1) 待合空間の設備向上には心理的抵抗の軽減の効果があり，lingerabilityの向上に資すること，2) その結果，待合空間の存在が乗換に関する移動に対する心理的抵抗が軽減されること，3) 待合空間の設備向上には効果があるものの料金に対して心理的抵抗が残ること，および，4) 料金に対する心理的抵抗は利用者の立場によって異なることが明らかにされた．すなわち，交通結節空間内において待合空間の設備向上には意義はあるものの，料金に対する心理的抵抗の軽減と利用者属性による待合環境への選好の違いを反映した対応が必要性とされる．

一方で，出発地から目的地までの移動を一つのサービスとして扱うことにより最適な移動手段の検索・予約，一体的な運賃提供が行えるようにする新たな交通のサービスとしてMaaS（Mobility as a Service）[18]がある．MaaSのレベル3においては，各種交通モードのサービスや料金体系の統合化が図られ，交通結節空間で接続される事業者間の提携などが行われることによりサービスの高度化などが図られることになる．その際のサービスには移動に関わるサービスに加え，鉄道駅やバスターミナル内での憩う，楽しむ，交わる，働く，学ぶなどの活動機会に関わるサービスが含まれる． 乗換の合間の時間を活用したこれらの活動機会は，本研究で注目するLingerabilityに直結するものである．そして，MaaS Lv.3の下では，これらの多様なサービスが魅力的な定額制（サブスクリプション）で提供されうる．このようにLingerability の向上を図る上では，ハード面での空間・施設整備と併せてソフト面でのMaaS Lv3の実現が必要とされる．

6. おわりに

本研究では，交通結節空間に着目し，交通結節空間の待合設備の差異による居心地の良さ（Lingerability）を考慮した経路選択モデルを構築した．このモデル構築のために乗換抵抗を時間抵抗と居心地の良さに起因する空間抵抗に分解する方法をとり，乗換抵抗の算出のためwebおよび調査用紙を用いた調査を行い抵抗係数を経路選択モデルのパラメータとして推定した．

この抵抗係数の値から移動環境及び待合環境において利用者が感じる心理的抵抗の要因が示唆された．移動環境では乗換抵抗の要因を乗換失敗の不安，垂直方向による心理的負担，移動の身体的負担の3つに分類したときその主要三要因の中にも乗換抵抗の大きさに差があることを示した．

他方，待合環境においては，待合設備が乗換抵抗を減らす効果があることが明らかになった．一方で，利用料金が低減効果を低減させていることが示唆されたが，金額による低減量については検討できていない．また，待合環境に関する抵抗係数は，移動環境に関する抵抗係数と比較し小さいため，待合設備の改善は，長距離の旅行トリップなどの待ち時間が長い移動に関しては大きな効果を及ぼす．特に，エアコン待合室との経路選択では，待ち時間が長くなるのに伴い社会人より学生がネット喫茶待合室を選好するようになる．また，待ち時間が比較的短い（時間条件 b）ときは学生に比べて社会人がラウンジ待合室を選好することがカイ二乗検定の結果からみられた．よって社会人に比べて学生は Wi-Fi など利用料金のかからない設備を利用する傾向があり，社会人は有料設備の利用に対して比較的短い時間であっても利用する傾向があることが示された．但し，通勤・通学といった短トリップに対しては，現状，設備の充実化や料金の値下げだけでは乗換抵抗低減の大きな効果は望めない．

しかし，コロナ禍において，リモートワークの許容，密を避ける行動変容が進む中では，利用者の移動時の待合に対する意識や待合環境での活動が変わっていく可能性がある．そこで，本研究では待合環境の料金の有無と設備の充実度のみを検討し推定を行ったが，実際には属性の違いによる時間価値の差異の考慮も今後必要となってくるであろう．

本研究ではさらに，交通結節空間におけるLingerabilityの向上とMaaS Lv3との関連性に言及した．一括の定額料金と統合的で即地的な情報提供を可能とするMaaS Lv3はLingerabiityの向上に不可欠なソフト施策である，また，コロナ禍の影響で失われた交通事業者の収益を回復する上では，Lingerabiityの向上により交通結節空間内外に憩う，楽しむ，交わる，働く，学ぶなどの手軽な活動の場を提供して人を集めることにより，非輸送部門の収益増を図ることも重要な課題である．

なお，余剰空間で整備を行う場合は必ずしも乗換後の乗車地点周辺に待合環境を整備できるとは限らない．そこで，乗車地点や乗換経路から待合環境までの距離が利用動向に及ぼす影響を明らかにすることも今後の課題として挙げられる．

謝辞：本研究の遂行にあたり，株式会社建設技術研究所の鹿島翔氏には調査実施に際して多大なご協力を賜った．ここに記して謝意を表する．

参考文献

1) 永井恵子：年齢階級別にみた東京都の転入超過の状況～住民基本台帳人口移動報告の結果から～，統計Today, No. 178, 2021.
2) 国土交通省都市局：「新型コロナ危機を契機としたまちづくりの方向性」（論点整理），2020.
3) 加藤浩徳，上田孝行，加藤一誠，谷下雅義，毛利雄一：道路交通の時間価値に関する研究，道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート，No. 21-1，新道路会議，2012.
4) 都市の多様性とイノベーションの創出に関する懇談会：「居心地が良く歩きたくなるまちなか」からはじまる都市の再生～都市におけるイノベーションの創出と人間中心の豊かな生活の実現～，2019.
5) 飯田克弘，新田保次，森康男，照井一史：鉄道駅における乗換行動の負担度とアクセシビリティに関する研究，土木計画学研究・講演，Vol. 19, No. 2, pp. 705-708, 1996.
6) 北川博巳：高齢者を考慮した駅ターミナルの移動負担量に関する研究，第 20 回交通工学研究発表会論文報告集，pp. 121-124, 2000.
7) 田中克，松井寛，藤井貴浩：歩行形態別身体的および心理的負担量の計測に関する研究，土木計画学研究・論文集，Vol. 24, pp. 397-403, 2007.
8) 塚口博司，梶井宏修，黒木靖典：歩行時の身体エネルギー消費から見た歩行者支援システムの評価分析，交通工学，Vol. 38, No. 3, pp. 48-58, 2003.
9) 鈴木崇正：駅周辺の特徴を考慮した鉄道とバスの乗り継ぎ利便性評価に関する研究，土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 32 巻), pp. 451-458, 2015.
10) 塚田幸広，河野辰男，田中良寛，諸田恵士：一般化時間による交通結節点の利便性評価手法，国総研資料，第 297 号，2006.
11) 神谷直孝，中村文彦，田中伸治，有吉亮：交流拠点としての交通結節点評価に関する研究，土木計画学研究発表会・講演集，No. 52, pp. 2010-2013, 2015.
12) Christopher, D. and Julie, G.: *Living Architecture, Living Cities Soul-Nourishing Sustainability*, Taylor & Francis, 2019.
13) Wegge, K. P. and Zimmermann, D.: Accessibility, usability, safety, ergonomics: Concepts, models, and differences, *Proc. of the 4th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction*, HCI, pp. 294-301, 2007.
14) Kashima, S., Doi, K., Sunagawa, T. and Inoi, H.: A study on spatial design and usability of station plazas for compact city planning, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 11, pp. 1386-1402, 2015
15) Millonig, A., Sleszynski, M. and Ulm, M.: Sitting, waiting, wishing: Waiting time perception in public transport, *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, IEEE, Piscataway, N.J., pp. 1852–1857, 2012.
16) 藤原章正，神田佑亮，杉恵頼寧，岡村敏之：時刻選択モデルの選択肢区分が選択肢間の類似性及び不均一性に及ぼす影響，土木計画学研究・論文集，No. 17, pp. 599-604, 2000.
17) 張峻屹，箱田祐介，藤原章正：選択肢間の類似性を考慮したアジアハイウエイ観光周遊行動モデル：日韓観光客の比較，土木計画学研究・論文集，Vol. 25, No. 3, 2008.
18) 国土交通省総合政策局公共交通・物流政策審議官部門：MaaS 関連データの連携に関するガイドライン Ver.1.0, 2019.

(Received June 18, 2021)
(Accepted December 28, 2021)

A STUDY ON TRANSFER RESISTANCE CONSIDERING PEDESTRIAN MOVEMENT AND WAITING IN TRANSPORTATION NODAL SPACE

Yusaku OTSUKA, Kenji DOI, Kento YOH and Yasuchika AOKI

In addition to advances in ICT, the COVID-19 pandemic has greatly accelerated the teleworking trend, and changed people's awareness towards public transport use. In particular, comfort during traveling and waiting is becoming more important, but the evaluation of comfort in transportation nodal and transfer spaces has not yet been conducted. This study conducted a questionnaire survey on users comfort in the nodal and transfer spaces, assuming hypothetical transfer routes. Based on the parameter estimation results of the transfer route selection model, we quantified the psychological resistance of the transfer and waiting environment in the nodal and transfer spaces. Then, the lingerability level of the spaces was evaluated.