

空港ターミナル内旅客移動の動線評価に関する基礎的研究

Fundamental Study on Evaluation of passenger flow lines in airport terminals*

松尾誠太郎**・羽鳥剛史***・福田大輔***

By Seitaro MATSUO**・Tsuyoshi HATORI・Daisuke FUKUDA***

1. はじめに

空港ターミナルは、交通結節点としての機能だけではなく、商業施設や観光交流の拠点などの機能も有している。空港ターミナルが多機能化する現在において、ユニバーサル・デザインへの要請をはじめとした新たな動向への対応や、外国人に対する「おもてなし」という観点も踏まえて、多種多様な利用者の立場から見た空港能力の評価を行う必要がある。しかし、従来の空港評価に関する調査や研究では、滑走路年間離発着回数や搭乗率等のマクロ指標に基づく評価が中心であり、また、一部のアンケート調査においても、空港利用者の満足度等の主観的な指標による評価が多く、実際のターミナルにおける利用者の観点から見た物理的特性が十分に検討されているとは言い難いのが実情である。

本研究では、空港ターミナル内の「旅客の移動」に着目し、客観的な物理指標を用いてターミナル内の移動環境評価のための総合評価得点式を提案するとともに、ターミナルの多面的機能や利用者の多様な考え方を体系的に明示化することを通じて、空港ターミナル内における旅客動線を総合的に評価するための方法論を提案することを目的とする。

2. 既往研究のレビュー

空港の総合評価に関するこれまでの研究は、滑走路年間離発着回数や搭乗率と言った飛行機を離発着させる基本能力、空港経営の健全性（財務指標等）、都心から空港までのアクセス交通の利便性、航空路の多様性などのマクロ指標を対象とした研究が数多く行われてきた。例えば轟・中村¹⁾は、空港へ向けて出発し、空港を経て目的地へ到着するまでの所要時間を用いて空港サービスの評価を試みている。

また、空港ターミナル利用時のサービス項目（e.g. 歩行距離、接客対応、ターミナルビルの設備）について、利用者を対象に意識調査を行い、その調査結果に基づいて空港における様々な評価項目に重み付けを行い、総合評価をしている研究も行われている。（例えば Correia et al., 2008）²⁾。

空港ターミナルの歩行動線の構造についてのサービス指標を構築した研究も存在する。例えば、Wirasinghe ら³⁾は、ターミナル施設の結節点において、視認し得る方向数とその対象空間におけるノードの組み合わせ数の比率により、対象構造物の視認可能な方向の度合いを表す指標を示している。さらに、方向決定回数（施設結節点）とフロア間の昇降回数を用いて、歩行動線の複雑度を表す評価指標を構築している。彼らが構築した指標は、方向決定やフロアの昇降などの歩行負荷となる要素を考慮しており、歩行の動線構造についてのサービスレベルを間接的に表現していると考えられる。

しかし、旅客歩行動線については、一部の物理指標のみを考慮したものに留まっており、歩行サービスの総合的な評価とその体系化については十分に検討されているとは言い難い。すなわち、方向決定回数や昇降回数、案内サインの数のような「歩行に関するサービス」、並びに、飲食店の数や種類、椅子の数といった「施設に関するサービス」など、多様な指標を総合的に勘案した評価指標の構築とそれに基づく歩行動線の評価の体系化については、十分に行われてこなかったと考えられる。

以上の問題意識の下、本研究は、これまでの調査及び研究で十分に検討されてこなかった、物理指標を用いた空港ターミナルの旅客動線の総合評価について検討を行うこととする。

3. 空港ターミナル内の歩行動線調査

(1) 調査概要

2009年11月～2010年1月の期間に、空港における物理指標を取得するための調査を実施した。現地調査では、空港利用者9名に調査依頼を行い、出発時に関しては13空港、到着時に関しては12空港のデータを取得した。併せてインターネットによる施設サービス調査を行い、各ターミナルにおけるサービスの情報を補完した。調査を実施した空港を表-1に示す。なお、本研究ではトランジット等によるターミナル間移動は考慮せず、空港単位ではなく、ターミナル単位での検討を行う。

空港において調査対象とする旅客歩行動線は、①「出発時」のカウンターでチェックインを済ませてから飛行機の搭乗ゲートに到着するまで、及び②「到着時」の飛行機の到着ゲートから荷物を取り終えて到着口に至るまでとする。その歩行動線概要を図-1に示す。

*キーワード：空港、評価、歩行動線、多元的集計化手法

**非正員、工修、(株)日本通運

(〒105-8322 東京都港区東新橋1-9-3, TEL: 03-6251-1111)

***正員、工博、東京工業大学院理工学研究科土木工学専攻

(〒152-0033 東京都目黒区大岡山 2-12-1 創造プロジェクト館 203号室, TEL: 03-5734-2577)

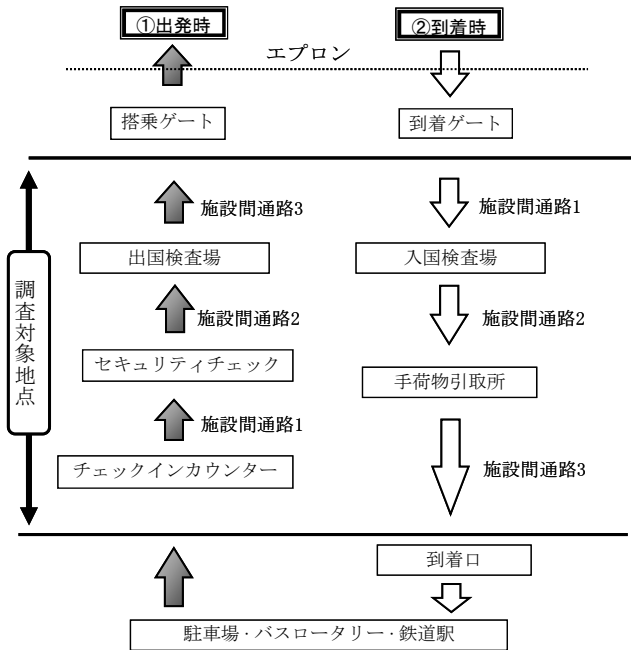


図-1 ターミナル内の旅客動線図の概要

(2) 評価項目の設定

本研究において設定した評価項目の体系を表-2に示す。この評価体系は「大項目」、「中項目」、「小項目」か

ら構成される。まず、大項目について、「歩行サービス」と「施設サービス」の2つの項目を設定した。

次に、歩行サービスの中項目について「速達性」、「情報充実性」、「快適性」の3つの項目を設定した。ここで、「速達性」は、ターミナル内移動の速さを示しており、「移動距離」、「昇降回数」、「方向決定回数」の3つの指標から構成される。次に「情報充実性」は、歩行経路や出発到着時刻等についての情報提供度を示しており、「サイン」、「案内図」、「時計」、「フライト情報板」、「施設内放送」の5つの指標から構成される。また、「快適性」は、多様な利用者に対する歩行環境の快適さを示しており、「エスカレーター」、「エレベーター」、「手すり」、「視覚障害者誘導用ブロック」、「疲労」の5つの指標から構成される。

次に、施設サービスの中項目について「施設充実性」、「情報充実性」、「快適性」の3つの項目を設定した。ここで、「施設充実性」は、ターミナル内において利用する施設の充実度を示しており、「飲食店」、「売店」、「トイレ」、「ゴミ箱」、「自動販売機」、「喫煙所」、「銀行及びATM」、「インターネット」、「公衆電話」の9つの指標から構成される。「情報充実性」は、施設

表-1 調査実施空港

出発時		空港所在国
1	成田_T1 (成田国際空港ターミナル1)	日本
2	関西 (関西国際空港)	日本
3	羽田_T1 (東京国際空港ターミナル1)	日本
4	羽田_T2 (東京国際空港ターミナル2)	日本
5	小松 (小松飛行場)	日本
6	仁川 (Incheon International Airport)	大韓民国
7	Glasgow (Glasgow International Airport)	イギリス
8	Luton (London Luton Airport)	イギリス
9	Copenhagen_T2 (Copenhagen Airport Terminal2)	デンマーク
10	Skavsta (Stockholm-Skavsta Airport)	スウェーデン
11	Ataturk_T1 (Ataturk International Airport Terminal1)	トルコ
12	Queen Alia_T2 (Queen Alia International Airport Terminal2)	ヨルダン
13	Heathrow_T3 (London Heathrow Airport Terminal3)	イギリス
到着時		空港所在国
1	成田_T1 (成田国際空港ターミナル1)	日本
2	関西 (関西国際空港)	日本
3	新千歳 (新千歳空港)	日本
4	小松 (小松飛行場)	日本
5	仁川 (Incheon International Airport)	大韓民国
6	Glasgow (Glasgow International Airport)	イギリス
7	Arlanda_T5 (Stockholm-Arlanda Airport Terminal5)	スウェーデン
8	Gatwick_South (London Gatwick Airport South Terminal)	イギリス
9	Copenhagen_T2 (Copenhagen Airport Terminal2)	デンマーク
10	Stansted (London Stansted Airport)	イギリス
11	Ataturk_T1 (Ataturk International Airport Terminal1)	トルコ
12	Queen Alia_T2 (Queen Alia International Airport Terminal2)	ヨルダン

注) T: ターミナル

滞在時に取得し得る生活や娯楽などに関する多様な情報の提供度を示しており、「広告」を小項目として設定する（なお、ここでは歩行に関する情報は除くものとする）。「快適性」は、搭乗手続き完了までの待機環境の快適さを示しており、「椅子」、「ラウンジ」の2個の指標から構成される。

（3）評価項目の測定方法

まず、「移動距離」は、「出発時」については、チェックインカウンターを出発点、搭乗ゲートを到着点と定義し、「到着時」については、飛行機到着ゲートを出発点、到着ロビー口を到着点と定義し、この区間の距離を測定した。

また、各歩行サービス設備は、移動距離において定義

した歩行動線上の個数を測定した。

施設サービス設備については、種類や規模が要求される「飲食店」、「売店」、「トイレ」、「喫煙所」、「銀行及びATM」、「インターネット」、「ラウンジ」についてはターミナル全体での総数を、それ以外の設備については歩行動線上の個数を、それぞれ測定することとした。

なお、本来ならば、各手続きにおける待機時間、スタッフ人数や、セキュリティチェックのブース数等についても、歩行動線に影響する要因として考慮すべきであるが、季節や調査時間帯により変動し統一性に欠けるため、今回は、季節や時間帯に関わらず常に一樣な値を取ると考えられる項目に限定してデータを収集した。

表-2 評価項目の体系

大項目	中項目	小項目	
歩行 サービス	速達性	移動距離	
		昇降回数	
		方向決定回数	
	情報充実性	サイン	
		案内図	
		時計	
		フライト情報板	
		施設内放送	
	快適性	動く歩道	
		エスカレーター・エレベーター	
		手すり・障害者誘導ブロック	
		疲労	
	施設 サービス	必要・ 利便設備	飲食店
			売店
トイレ			
ゴミ箱			
自動販売機			
喫煙所			
銀行及びATM			
インターネット			
公衆電話			
情報充実性			広告
快適性	椅子		
	ラウンジ		

4. 総合得点の算定

（1）重み付け意識調査の概要

2010年1月9日～2010年1月11日の期間に、空港における各評価項目間の相対的な重要度の違いを把握するために、評価項目の重み付け意識調査を実施した。調査

対象者として、首都圏在住の空港整備計画についての学識経験者4名（A～D）に調査を依頼した。

重み付けを依頼する際に想定したターミナル区域は、現地調査と同様（図-1参照）であり、「①出発時」、「②到着時」の各状況について別個に重み付けをお願いした。重み付けを行う項目は、表-2で示した各評価項目

であり、「大項目」、「中項目」、「小項目」、「施設充実性の小項目」、「詳細項目」から構成される。

(2) 調査方法及び調査結果

調査対象者に対して、各評価項目に0～100点までの得点(重み)の記入を要請した。その際、1)大項目の2つの指標の合計が100、2)「歩行サービス」を構成する中項

目の3つの指標の合計が100、3)「施設サービス」を構成する中項目の3つの指標の合計が100、さらに4)同一の中項目に属する小項目の指標の合計がその中項目指標に配分された重みと等しくなるように重み付けを要請した。表-3に各評価項目の平均値を示す。

表-3 重み平均値

大項目	中項目	小項目	重み平均値	
			出発時	到着時
歩行サービス	速達性	移動距離	6.1	18.9
		昇降回数	3.8	9.5
		方向決定回数	4.1	5.6
	情報充実性	サイン	4.1	14.7
		案内図	3.8	2.8
		時計	0.80	1.3
		フライト情報板	3.9	0.21
		施設内放送	1.4	0.21
		動く歩道	2.9	7.9
		エスカレーター・エレベーター	5.2	13.2
快適性	手すり・障害者誘導ブロック	1.4	4.9	
	疲労	2.5	6.0	
施設サービス	施設充実性	娯楽施設	11.2	11.3
		必要・利便設備	7.8	46.1
	情報充実性	広告	6.0	12.8
	快適性	椅子	12.0	2.2
		ラウンジ	10.5	0.41

(3) 総合得点結果

本調査において取得した各評価項目の重みデータと前章で述べた評点データを用い、空港歩行動線の総合得点を算定する。

(i) 出発時

図-2より、成田_T1が最も高い得点を獲得しており、次いで仁川、羽田_T2、Heathrow_T3といった順となっていることがわかる。このように、上位には大規模空港がラ

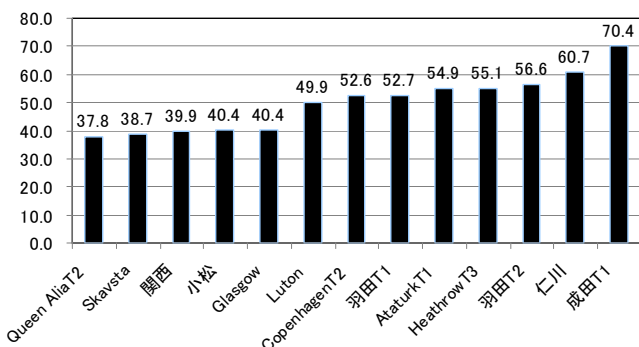


図-2 総合偏差値結果 (出発時)

ンクインする結果となった。一方で、下位には小規模空港が占めているが、その中に中規模空港である関西も含まれている。この要因として、シャトル利用を強いることによる速達性サービスの低下の影響が考えられる。

(ii) 到着時

図-3より、仁川が最も高い得点を獲得しており、次いで成田_T1、新千歳、Glasgowといった順となっている。このようにランキング上位には、概ね大規模空港が位置

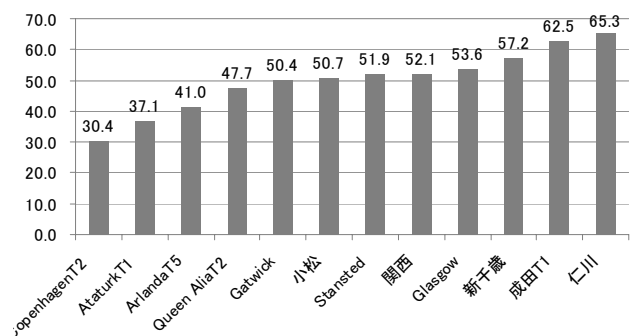


図-3 総合偏差値結果 (到着時)

する結果となっているが、中規模空港である新千歳が3位に、Glasgow が4位にランクインした。この結果より、到着時の空港の動線評価については、年間旅客人数や空港施設規模等のマクロ指標に必ずしも強く依存していないことが示唆される。

5. 多元的集計化手法に基づく空港評価

本節では、多元的集計化手法⁴⁾を空港評価に適用し、空港評価に関わる多様な情報を多次元空間上に集約して表現する。これにより、空港を一元的な評価値に還元するのではなく、評価者の視点の対立軸を明確化し、それぞれの個別軸に対して空港を序列化することを試みる。その具体的な分析手法として、多次元尺度構成法 (multidimensional scaling; MDS) を用いる。

本手法の考えに基づくと、空港に関わる評価情報は、大きく1) 評価項目、2) 空港の評点、3) 評価者の重み付けの3つの要素に区分される。多次元空間上において、評価項目と空港は一つの点として配置される。まず、評価項目は、評価者の重み付けデータに基づいて配置される。ここで、近くに位置する項目同士は、評価者の間で全体的に重み付けの与えられ方が類似していることを表しており、反対に、遠くに位置する項目同士は重み付けの与えられ方が類似していないことを表している。一方、空港は評点データに基づいて配置される。空港を表す点に近い評価項目ほど、当該空港がその項目に対して相対的に高い貢献度を有していることを表している。次に、評価者は空間上のベクトルとして表現される。ここで、評価者を表すベクトルは、評価者の重み付けデータに基づいて配置されており、評価者が重要視している評価項目 (高い重みを付与している項目) の方向に向いている。

ストレス : 1.30×10^{-1}

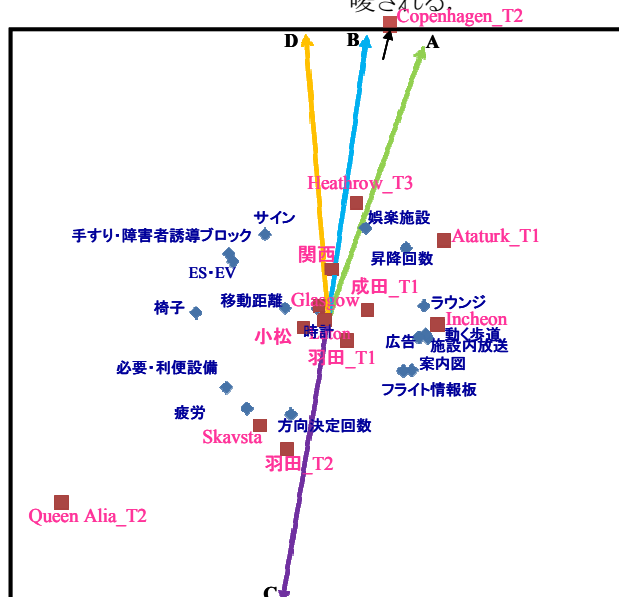


図-4 多元的集計化の分析結果 (出発時・小項目)

さらに、「サイン」、「手すり・視覚障害者誘導用ブロック」、「エスカレーター・エレベーター」、「椅子」、「移動距離」についても、異なる中項目に属するものの、空間上で近いところに位置している。これらの項目はいずれも「移動弱者への補助」といった観点から纏めることが可能であると解釈することが出来る。

5. 1 出発時 (小項目, 評価者, 空港の配置)

(1) 評価者の類型化

図-4に出発時の評価に対する適用結果を示す。評価者 A, B, Dは、「娯楽施設」を最も重要視しており、それに次いで「昇降回数」や「サイン」を重視している傾向が見られる。一方、評価者Cは、「方向決定回数」や「疲労」を重視している。ここで、「方向決定回数」や「疲労」は共に「移動の容易性」に関わる項目であると解釈でき、このことから評価者Cは、移動に伴う煩雑さを軽減することを重視しているものと思われる。

(2) 空港の類型化

成田や仁川などの大規模空港が、グラフのやや右上方に位置しており、「娯楽施設」や「ラウンジ」等について高い評点を有している傾向が見られる。一方で、Skavstaや小松などの小規模空港は、グラフのやや左下方に位置する傾向があり、特にトイレや自動販売機などから構成される「必要・利便設備」や「疲労」、「方向決定回数」について高い評点を有している傾向が見られる。

(3) 評価項目の再検討

3名の評価者が「娯楽施設」を最も重視していた点を踏まえると、「娯楽施設」の充実性を独立の重点項目として設定し直すことが、評価者の認識に見合った評価項目になり得る可能性が考えられる。

また、評価者Cについては、「方向決定回数」と「疲労」を重視していたが、上述の通り、これらの項目は「移動の容易性」に関わる項目と考えられる。このような「移動の容易性」についても、歩行動線評価において考慮すべき評価項目である可能性が本結果より示唆される。

注) Copenhagen_T2 は他の評点に比べて原点から離れて布置したため、矢印を用いてその方向を示している。

5. 2 到着時 (小項目, 評価者, 空港の配置)

(1) 評価者の類型化

図-5に到着時の評価に対する適用結果を示す。4人の評価者は到着時の小項目に対して概ね同様の重み付けを有していると読み取れる。特に、各評価者は、「動く歩道」

や「時計」, 「案内図」や「移動距離」を重視している傾向が見られる。これらの評価項目は、空港に到着後、次のトリップに移行するまでの迅速さに関わる項目、「後続トリップへのアクセス迅速性」であると解釈することが出来る。

(2) 空港の類型化

全ての空港がほぼ中心に位置しており、どの空港も各評価項目に対して多少の差異はあるものの概ねバランスのとれた評点を有している傾向が見られた。さらに詳細に空港の布置を見ると、成田、関西、仁川などのアジア系の空港がグラフやや左方に位置し、Copenhagen_T2, Arlanda_T5, Gatwick_South, Glasgowといった各ヨーロッパ系の空港がグラフやや右方へ位置している。この位置関係から、アジア系の空港は、「昇降回数」, 「椅子」, 「手すり・視覚障害者誘導用ブロック」といった評価項目に対して高い評点を有しており、ヨーロッパ系の空港は、「方向決定回数」や「サイン」, 「必要・利便設備」に対して高い評点を有している傾向が伺える。

(3) 評価項目の再検討

4人の評価者は、「動く歩道」, 「案内図」, 「移動距離」を重視していたが、上述の通り、これらの項目は「後続トリップへのアクセス迅速性」に関わる項目であり、到着時の歩行動線評価においては、本項目を重点項目として評価対象に組み込むことが重要であると考えられる。

出発時と同様に、「椅子」, 「手すり・視覚障害者誘導用ブロック」等、「移動弱者への補助」に関わる項目が空間上で近いところに位置していた。また、「方向決定回数」と「疲労」, 「サイン」等、「移動の容易性」に関わる項目についても、近接した位置に配置されており、これらは評価者から共通の項目として認識されている可能性が考えられる。

また、各評価者は「娯楽施設」, 「施設内放送」等の項目を重要視しない傾向が見られた。これは、到着時における状況を考慮しても明らかのように、これらの項目は、他の項目に比べてあまり重要視されていない項目であり、到着時の歩行動線評価において、これらの項目については予め除外しても評価者の認識からは大きく乖離しないと考えられる。

ストレス : 1.67×10^{-1}

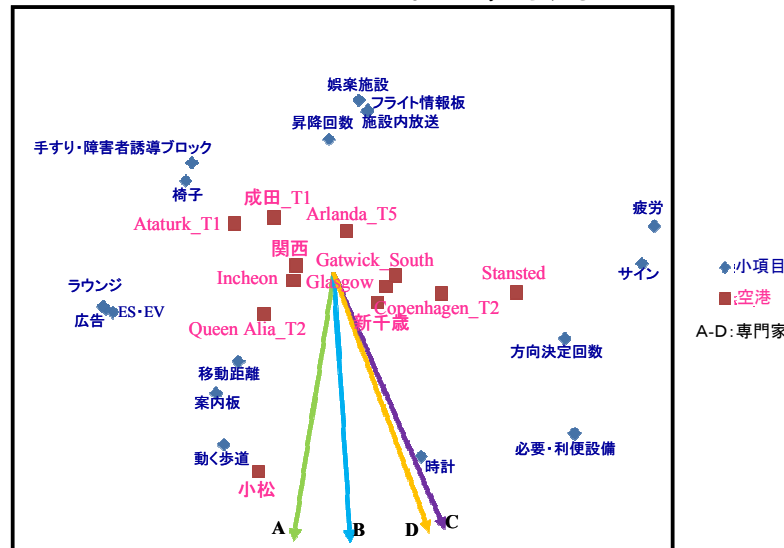


図-5 多元的集計化の分析結果 (到着時・小項目)

6. おわりに

本研究では、セキュリティの規制が強いターミナル内制限区域を対象として、空港の歩行動線の総合的評価を行った。また、空港ターミナルの総合評価においては、総合得点化による空港評価に加えて、評価項目、空港、評価者を多角的に評価する必要があることを確認した。その際、出発時と到着時で、評価者から重視される項目が異なる傾向が見られた。よって今後は、状況に応じた新たな評価項目を設定して、評価者の視点により近い評価項目によって再調査を行うことが、より精度の高い空港サービス水準を表現する上で必要であると考えられる。

参考文献

1) 轟朝幸, 中村英夫: 地域における空港のサービス水

準を評価する一指標の提案, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 18, pp. 149-152, 1995.

- 2) Anderson R. Correia et al.: Overall level of service measures for airport passenger terminals, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol.42, Issue 2, pp.330-346, 2008.
- 3) S.C. Wirasinghe et al.: Development of level of service standards for airport facilities: Application to São Paulo International Airport, Journal of Air Transport Management, Vol.13, Issue 2, pp.97-103, 2007.
- 4) 山本浩司, 羽鳥剛史, 岡田貢一, 青木一也, 小林潔司: 多元的集計化に基づく社会基盤整備の評価手法に関する研究, 建設マネジメント研究論文集15, pp.115-130, 2008.