

仮想 3D 空間映像と表記法による抽出サイン情報の比較

高山晃太郎* 池田岳史**

Comparison of extraction sign information by virtual 3D space image and notation

Koutaro TAKAYAMA Takeshi IKEDA

The modern city space is complicated, and the elements constituting space are various. And we obtain information necessary to decide a position and a course from many elements. The signature is very important as a method of the reporting, but the optimization of the signature is not done under the present conditions. Therefore we compared extraction sign information to be provided from notation with virtual 3D space image to optimize a sign.

Keywords: Virtual 3D space, Notation, Sign, Information

1. 研究の背景と目的

現代都市空間は空間的な複雑さに加え、その空間中の構成要素も多種多様であり、我々はその中から位置同定や経路選択に必要な情報を入手しながら行動している。サインはこのような場で、情報提供の手段として用いられているが、不足、乱立、他の情報との混乱など必ずしもわかりやすい情報提供が成されているとは言えない。サイン最適化を含む空間研究の分野では、これまで実空間調査や代替視野画像を用いた実験など、様々な方法で空間把握、注視要素の抽出、分析が試みられてきたが、近年のコンピュータグラフィックス技術の進歩により、仮想 3D 空間として再現し、研究に用いることも可能となりつつある。

本研究は、空間調査に利用可能な仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールの制作及びこのツールの有効性確認の二つの目的を持つ。サイン情報抽出ツールの制作については、公共性の高い現代都市空間として駅周辺空間を採り上げ、駅周辺空間のサイン情報を抽出するために高度な再現性を持つ仮想 3D 空間映像を制作しツール化する。有効性については、制作した仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによるデータと、CONTINUOUS RECORD 表記法^{*1~6}による抽出データとの比較により確認する。

2. 研究方法

本研究ではまず、空間調査の対象である JR 福井駅及び周辺空間の仮想 3D 空間を制作する。次に実際の駅及び周辺空間のサイン調査を行うとともに、駅利用者の行動調査から、乗り換えが予想される公共交通機関であるえちぜん鉄道、京福バス乗場、福井鉄道までの 3 つのルートを選択し、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールを制作する。そしてツールの有効性について確認するため、被験者を用いた実験を行うとともに、比較のため、代替視野画像と CONTINUOUS RECORD 表記法を用いた実験を行い、その結果を比較、考察する。

*大学院工学研究科情報学専攻 **デザイン学科

3. 仮想 3D 空間映像の制作とツール化

3.1 仮想 3D 空間映像制作における基礎事項

仮想 3D 空間とはコンピュータ上で制作される「横」、「縦」、「奥行き」の 3 方向に広がりを持つ、3 次元の空間を指す。「横」、「縦」、「奥行き」という表現は相対的であり、視点の置き方により方向が異なるため、仮想 3D 空間ではこの 3 つの方向を X, Y, Z 方向とし表現している。

人間が対象を眺める場合、眼球や首を動かすことにより瞬時のうちにより広い範囲を見ることが出来る。しかし、一般にある対象を非検索的に眺める場合には、眺めの方向は自ら定まる傾向がある。本研究では、静視野の概念として古くから用いられている視野 60° コーン説（頂角 60° の円錐を視野とする説）を使用している。

仮想 3D 空間上の映像を制作する上で大事な要素の一つに歩行速度（カメラの速度）がある。歩行速度は年齢層別に成人 1.52/秒、高齢者 1.13/秒、学生 1.64/秒、子供 1.74/秒と言われるが、本研究では成人の 1.52/秒を採用することとした。

3.2 仮想 3D 空間映像制作過程

3.2.1 地図

実際の都市空間を仮想 3D 空間として再現する為には、その都市空間の平面情報である地図が必要となる。そこで、インターネット上の地図情報である Google マップや株式会社刊広社出版の住宅地図福井市北を基に JR 福井駅周辺の地図を制作することとした。

3.2.2 モデリング

平面データに対し高さ方向の情報を与え、3 次元化する作業を 3D モデリングと言う。仮想 3D 空間を制作する上で、まず形状（モデル）が存在しなければ、次に続く質感設定、ライティングなどの作業を行うことができない。したがってモデリングとは、仮想 3D 空間の制作過程で最も初めに行う作業である。基本的には正方形、球、円柱、などと言った形状を元に点や面を増減、移動させてモデルを形成して行く。しかし、細部をどこまでも作り込むことが可能なため、予想以上に制作時間が掛かってしまう可能性が高い制作過程でもある（図 1）。

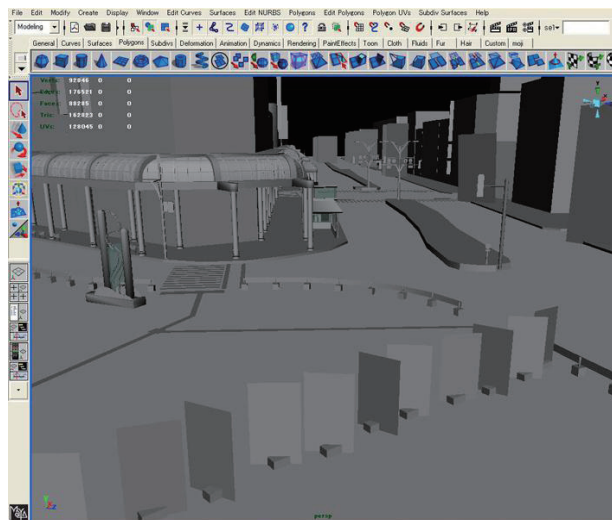


図 1 モデリングが完成した JR 福井駅西口風景

3.2.3 テクスチャと質感設定

テクスチャとは仮想 3D 空間のモデルに貼る 2D 画像の事を指す。また、質感を設定する際に 2D 画像を用いてコントロールする場合があります、この時に使用する 2D 画像もテクスチャと呼ばれている。仮想 3D 空間の画像を生成する場合、光源とカメラの設定から形状の光と影を計算し、これにより現実世界をシミュレートしたリアルな画像を生成する。しかし、すべてのものをモデリングして、それをレンダリングすることは多大な作業量と計算量（時間）を消費する。そのため、効果的なテクスチャ設定によりモデリングの労力を減らし、かつレンダリング時間を短縮することは多用されるテクニックである（図 2）。



図 2 写真をテクスチャに修整した例

テクスチャの枚数が多く，そのままではパソコンに負荷が掛かり過ぎてしまうため，数枚のテクスチャを合わせて 1 つのテクスチャとした。

3.2.4 ライティング

ライティングとは，照明演出を指す。仮想 3D 空間では，環境光などライティングの設定を行わなければならない描写することが出来ない。仮想空間の光の扱いは現実空間とほぼ同じ考え方である。

仮想 3D 空間の JR 福井駅ではライトを当てる対象が 1 つでは無い為，室内空間を全体的に少し明るくするライトと太陽のように全空間を照らすライト，最後に影専用のライトの 3 つを使用した。実際の空間では複雑に光が空間を照らしている為，さらに多くのライトを使用することが望ましいが，レンダリングの時間が延びる為，今回の制作では 3 つのライトに限定し使用した。

3.2.5 キーフレームアニメーション

キーフレームアニメーションとは，キーとなる重要なフレームにおいてモデルの位置や形を決めることで，その他のフレームをキーフレームの情報により，自動的に補間することで一連の動きを作り出すアニメーション手法である。また，キーフレームアニメーションは 3DCG アニメーションにおいて，基本となるアニメーション手法である。

3.2.6 レンダリング

レンダリングとは制作した仮想 3D 空間のモデルの質感，光の反射を計算し，画像を生成することである。仮想 3D 空間のデータはレンダリングされることで 1 枚の画像となる。映像を制作する場合は仮想 3D 空間のデータを連番の画像で生成し，それを繋ぎ合わせる事となる。えちぜん鉄道，京福バス乗場，福井鉄道までの画像を連番で生成したところ，えちぜん鉄道は 2078 枚，レンダリング時間約 35 時間，京福バス乗場は 5872 枚で約 90 時間，福井鉄道は 5040 枚で約 80 時間となった。

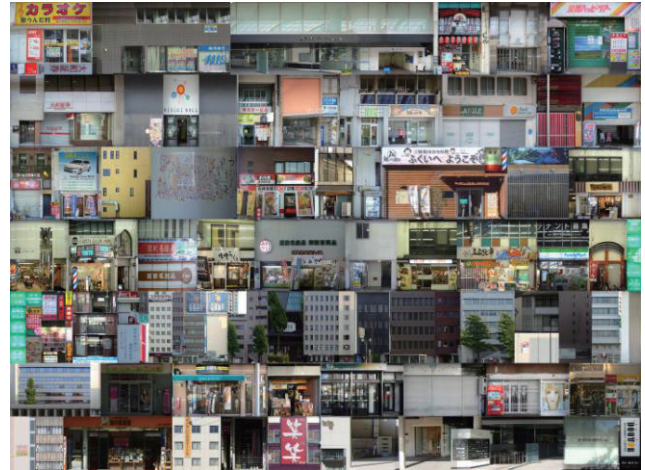


図 3 完成したテクスチャの例

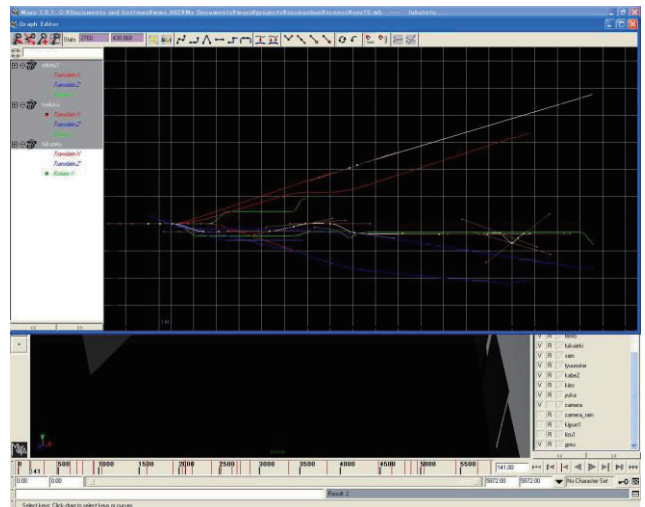


図 4 キーフレームアニメーションの設定グラフ

3.2.7 サイン情報抽出ツールの制作

サイン情報抽出ツールは、3.2～3.6 までの制作過程を経て完成した画角 16 : 9 の仮想 3D 空間映像からサイン情報を抽出するためのツールである。

まず、画面に透明の正方形を横 16、縦 9 個配置しグリッドにする。その透明の正方形を 1 回クリックで○を表示し、2 回クリックで△を表示するよう設定する。さらに、クリック位置を集計するため、クリック無し、○表示、△が表示の場所をそれぞれ 0, 1, 2 と表示するフレームを制作した。

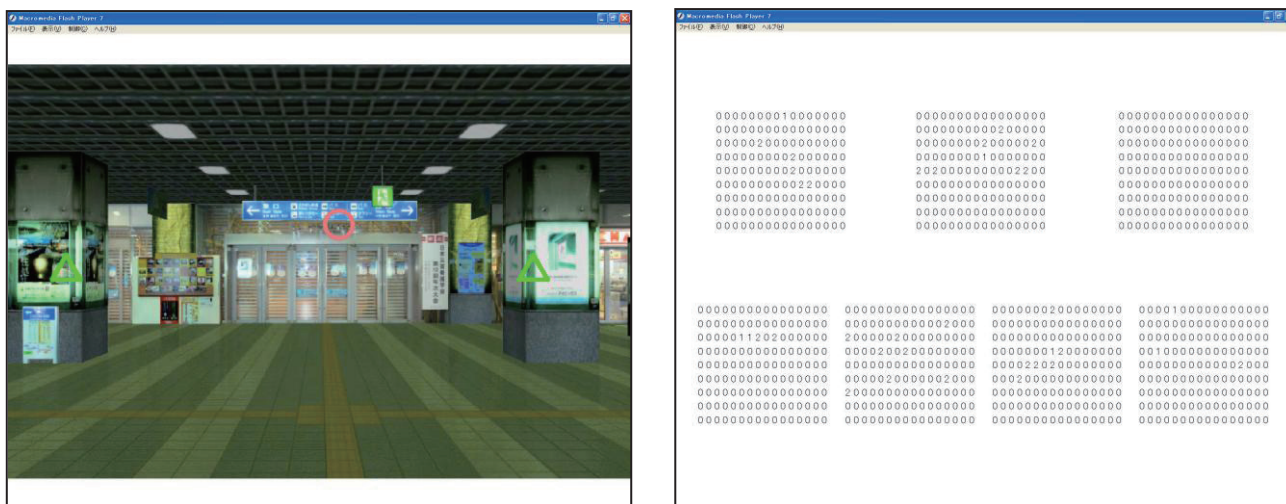


図 5 仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールのイメージ

4. CONTINUOUS RECORD 表記法の改良

仮想 3D 空間映像による誘導サイン情報抽出実験データとの比較を行うにあたって、CONTINUOUS RECORD 表記法を比較に適した表記方法への改良を行うこととした。改良は、仮想 3D 空間映像及び表記対象とする代替視野画像の画角 16 : 9 とし、画面上の表示解像度を統一するとともに、CONTINUOUS RECORD 表記シートについても、仮想 3D 空間映像による誘導サインの抽出実験から得られるデータと同一の精度を持つよう表記欄 View Window を代替視野画像に合わせた 16 : 9 の長方形とし、データ抽出のため横 16、縦 9 のグリッドを薄く表示したものに変更することとした。また表記可能な区間数に

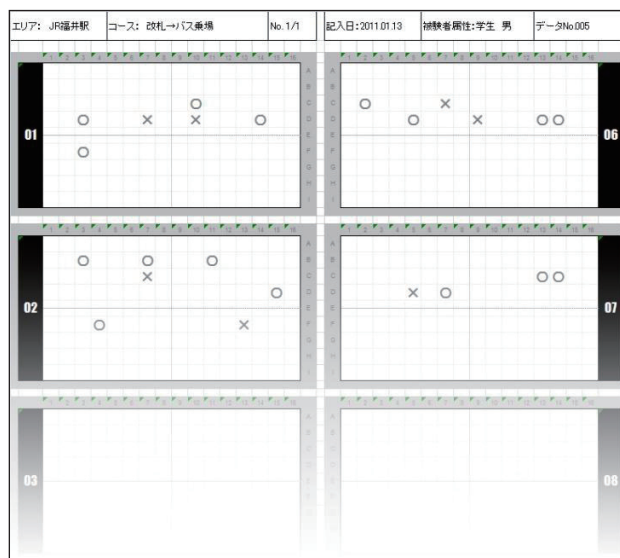


図 6. CONTINUOUS RECORD 5

については、本研究における比較対象空間の分節数を考慮し、10 区間分を同一シートで表記可能とした (図 6)。

5. サイン情報抽出実験

仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる実験、及び、代替視野画像を用いた CONTINUOUS RECORD 表記法による実験は、JR 福井駅とその周辺空間調査により得られたデータを

基に、公共交通機関であるえちぜん鉄道、京福バス乗場、福井鉄道を目的地とした主要動線を設定し、それぞれの経路上の誘導サインを対象に被験者 21 名を用いて行った(図 7)。実験は、既往の研究を踏まえ、各経路上の空間について、経路の分岐、交差、空間開放度変化、屋内外的変化といった空間変化により分節点を設定し、各分節における誘導サインの注視状況をデータとして抽出することとし、それぞれの目的地を示すサイン及びそれ以外の誘導サインに分け抽出することとした(表 1)。

表 1. 経路別分節毎のサイン数

えちぜん鉄道	01	02	03	04	05	06	07				
目的地サイン	3	1	0	1	2	1	1				
その他サイン	4	3	2	3	6	4	0				
京福バス	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
目的地サイン	2	1	2	1	1	0	0	4	2	2	
その他サイン	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	
福井鉄道	01	02	03	04	05	06	07	08			
目的地サイン	0	0	0	0	0	0	0	1			
その他サイン	8	2	2	0	0	0	0	0			

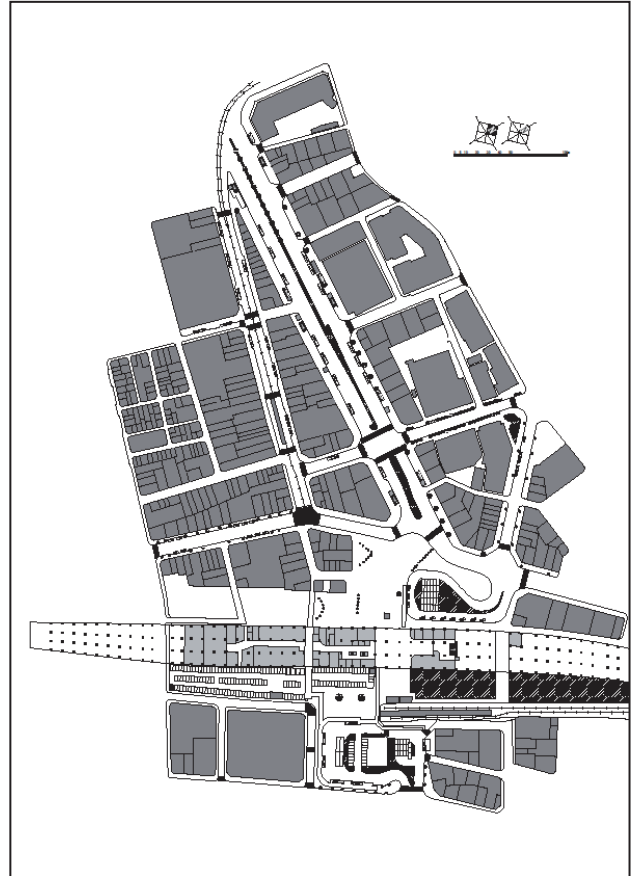


図 7. 調査対象空間 (JR 福井駅)



図 8. 仮想 3D 空間映像



図 10. 代替視野画像

3D えちぜん鉄道ルート 01		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	○												1				
B	○						1			1		1	1				
C	○						3					2					
D	○	1	2	4	4	1	2	3	4	1	3	2					
E	○						2	5	2	1				1	1		
F	○						1	1	4	5							
G	○																
H	○																
I	○																

図 9. 仮想 3D 空間映像による抽出データ

CR えちぜん鉄道ルート 01		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	○																
B	○																
C	○	1															
D	○	1	3	2	1	2	1	4	2								
E	○																
F	○																
G	○																
H	○																
I	○																

図 11. CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出データ

ツール及び表記により得られたサイン抽出データは、横 16、縦 9 マスのグリッド表示したシートに出力し比較を行った。得られたデータを分析するにあたって、仮想 3D 空間映像については視点移動による映像中のサインの位置変化、CONTINUOUS RECORD 表記法については、代替視野画像を見た後、表記シートへ記入する際の誤差が予想されるため、以下の方法により集計、比較した (図 8~12)。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	○																
B	○																
C	○																
D	○									1	2	5	1	1			
E	○									5	10	6	3				
F	○							1	1		1	2	2				1
G	○							1		1	1		3	1			
H	○																
I	○																1

図 12. 標準, 拡張, 総数の扱い

標準：16×9 マスのグリッド上に映像及び画像上のサインの位置をプロットしそれらを含むマス上に抽出されたデータを集計

拡張：標準のマスをも 1 マス外側に拡張したマス上のデータを集計

総数：16×9 全てのマス上のデータを集計

6. 比較結果

6.1 抽出数

3 つの目的地までの経路上に設定した分節毎のサイン抽出数と平均抽出数を以下の表 2~4 に示す。目的地を示すサインの抽出数については、サンプル数の少ない福井鉄道を目的地とする経路を除き、標準、拡張、総数のいずれも仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出数が代替視野画像を用いた CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出数を大きく上まわる結果を得た。その他のサインの抽出数については、標準、拡張では、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出数が代替視野画像を用いた CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出数をやや上まわる結果を得たが、総数ではほぼ同様の抽出数を得た。抽出数の面から考察すると予想された誤差は、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出では大きくなく、CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出では大きい傾向がみられることから、後者は拡張による集計が必要であると考えられる。一方で、その他のサインの総数では、ほぼ同数の抽出数を得ていることから、表記法による抽出は、ツールによる抽出とほぼ同様の速度での多数の要素抽出が可

表 2. 抽出数データ (えちぜん鉄道)

		分節	01	02	03	04	05	06	07	平均
目的地 サイン	3D 映像	標準	10	8	0	3	12	10	21	9.14
		拡張	25	22	0	9	14	26	30	18.00
		総数	42	24	3	12	26	28	33	24.00
	C.R. 表記	標準	2	4	0	1	1	0	11	2.71
		拡張	13	14	0	4	6	1	19	8.14
		総数	23	18	3	8	17	8	19	13.71
その他 サイン	3D 映像	標準	12	7	2	15	29	13	0	11.14
		拡張	22	12	3	19	50	27	0	19.00
		総数	45	42	7	23	53	28	5	29.00
	C.R. 表記	標準	4	2	8	1	4	10	0	4.14
		拡張	18	7	16	12	18	17	0	12.57
		総数	31	20	17	22	30	31	8	22.71

表 3. 抽出数データ (京福バス乗場)

		分節	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
目的地 サイン	3D 映像	標準	2	0	5	0	0	0	0	29	46	1	8.30
		拡張	15	12	32	9	0	0	0	39	58	1	16.60
		総数	31	16	40	16	3	4	10	44	62	7	23.30
	C.R. 表記	標準	2	1	3	0	1	0	0	2	3	2	1.40
		拡張	10	3	6	1	1	0	0	4	8	13	4.60
		総数	14	4	7	4	3	2	4	7	16	23	8.40
その他 サイン	3D 映像	標準	15	17	30	0	0	0	0	0	0	0	6.20
		拡張	28	30	42	0	0	0	0	0	0	0	10.00
		総数	56	34	46	25	12	41	11	22	25	0	27.20
	C.R. 表記	標準	3	1	24	0	0	0	0	0	0	0	2.80
		拡張	10	3	42	0	0	0	0	0	0	0	5.50
		総数	51	17	43	18	21	18	20	24	15	14	24.10

表 4. 抽出数データ (福井鉄道)

		分節	01	02	03	04	05	06	07	08	平均
目的地 サイン	3D 映像	標準	0	0	0	0	0	0	0	4	0.50
		拡張	0	0	0	0	0	0	0	7	0.88
		総数	26	6	2	1	1	1	10	12	7.38
	C.R. 表記	標準	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
		拡張	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
		総数	9	6	1	0	0	2	2	6	3.25
その他 サイン	3D 映像	標準	20	14	4	0	0	0	0	0	4.75
		拡張	41	25	13	0	0	0	0	0	9.88
		総数	55	32	36	47	5	34	40	4	31.63
	C.R. 表記	標準	15	5	0	0	0	0	0	0	2.50
		拡張	37	13	2	0	0	0	0	0	6.50
		総数	53	22	22	33	28	66	29	16	33.63

能であると予想される。

6.2 位置からみた抽出精度

3 つの目的地までの経路上に設定した分節毎のサイン抽出数を基に、抽出総数に占める標準、拡張の抽出割合を以下の表 5, 6 に示す。目的地を示すサインの抽出については、サンプル数の少ない福井鉄道を目的地とする経路を除き、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出、代替視野画像を用いた CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出とともに拡張では 45%~66%となった。標準においてもえちぜん鉄道を目的地とする経路の仮想

表 5. 標準、拡張の抽出割合 (えちぜん鉄道)

	分節	01	02	03	04	05	06	07	平均		
		標準	24%	33%	0%	25%	46%	36%		64%	33%
目的地サイン	3D 映像	拡張	60%	92%	0%	75%	54%	93%	91%	66%	
		C.R. 表記	標準	9%	22%	0%	13%	8%	0%	58%	15%
			拡張	57%	78%	0%	50%	35%	13%	100%	47%
その他サイン	3D 映像	標準	27%	17%	29%	65%	55%	46%	0%	34%	
		拡張	49%	29%	43%	83%	94%	96%	0%	56%	
	C.R. 表記	標準	13%	10%	47%	5%	13%	32%	0%	17%	
		拡張	58%	35%	94%	55%	60%	55%	0%	51%	

表 6. 標準、拡張の抽出割合 (京福バス乗場)

	分節	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均		
		標準	6%	0%	13%	0%	0%	0%	66%	74%	14%		14%	17%
目的地サイン	3D 映像	拡張	48%	75%	80%	56%	0%	0%	89%	94%	14%	46%		
		C.R. 表記	標準	14%	25%	43%	0%	33%	0%	0%	29%	19%	9%	17%
			拡張	71%	75%	86%	25%	33%	0%	0%	57%	50%	57%	45%
その他サイン	3D 映像	標準	27%	50%	65%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	
		拡張	50%	88%	91%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	23%	
	C.R. 表記	標準	6%	6%	56%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	
		拡張	20%	18%	98%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	

3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出を除き、15%~17%となった。その他のサインの抽出については、サンプル数の多いえちぜん鉄道を目的地とする経路では標準では 34%, 17%と差が生じたが、拡張では 51%, 56%と両方式ともに目的地を示すサインと同様に 50%程度となっている。抽出総数に占める標準、拡張の抽出割合を基に位置からみた抽出精度について考察すると、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出、代替視野画像を用いた CONTINUOUS RECORD 表記法のいずれも、拡張による集計で 50%程度の精度を得ることが予想できる。

6.3 数からみた抽出精度

3 つの目的地までの経路上に設定した分節毎のサイン抽出数を基に、実際のサイン数に対する被験者 21 名による標準、拡張、総数の抽出割合を以下の表 7, 8 に示す。目的地を示すサインの抽出については、標準、拡張、総数ともに仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出割合は、代替視野画像を用いた CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出割合を大きく上回る値となった。

表 7. サイン実数に対する抽出割合 (えちぜん鉄道)

	分節	01	02	03	04	05	06	07	平均	
		標準	16%	38%		14%	29%	48%		100%
目的地サイン	3D 映像	拡張	40%	105%		43%	33%	124%	143%	81%
		総数	67%	114%		57%	62%	133%	157%	98%
		C.R. 表記	標準	3%	19%		5%	2%	0%	52%
拡張	21%		67%		19%	14%	5%	98%	36%	
総数	37%		86%		38%	40%	38%	90%	55%	
その他サイン	3D 映像	標準	14%	11%	5%	24%	23%	15%		15%
		拡張	26%	19%	7%	30%	40%	32%		26%
		総数	54%	67%	17%	37%	42%	33%		41%
	C.R. 表記	標準	5%	3%	19%	2%	3%	12%		7%
拡張		21%	11%	38%	19%	14%	20%		21%	
総数		37%	32%	40%	35%	24%	37%		34%	

表 8. サイン実数に対する抽出割合 (京福バス乗場)

	分節	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均	
		標準	5%	0%	12%	0%	0%			35%	110%		2%
目的地サイン	3D 映像	拡張	36%	57%	76%	43%	0%			46%	138%	2%	50%
		総数	74%	76%	95%	76%	14%			52%	148%	17%	69%
		C.R. 表記	標準	5%	5%	7%	0%	5%			2%	7%	5%
拡張	24%		14%	14%	5%	5%			5%	19%	31%	15%	
総数	33%		19%	17%	19%	14%			8%	38%	55%	25%	
その他サイン	3D 映像	標準	18%	40%	48%								35%
		拡張	33%	71%	67%								57%
		総数	67%	81%	73%								74%
	C.R. 表記	標準	4%	2%	38%								15%
拡張		12%	7%	67%								29%	
総数		61%	40%	68%								56%	

変化があり、サインへの注視度を捉えることはできているものと思われる。その他サインの抽出割合に大きな差異がなく、目的地を示すサインの抽出割合では、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出割合が、CONTINUOUS RECORD 表記法による抽出割合を大きく上回る結果

を得ていることから、後者では拡張による集計が必要であると思われる。また、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによる抽出割合では、分節によって 100%を上回る値となっていることから、注視しているものの認識に誤りがあることも予想でき、考慮する必要があると考えられる。

7. まとめ

仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールによるデータと CONTINUOUS RECORD 表記法の抽出データを比較、考察した結果、前者が全体的にサインの抽出精度が高い傾向が明らかとなった。抽出傾向はほぼ同様の結果となっており、仮想 3D 空間映像を用いたサイン情報抽出ツールの空間調査における有効性を確認することができた。しかし、本研究に用いた仮想 3D 空間映像は、高度な再現性を持つものの、その制作には莫大な時間と労力を必要とするとも明らかとなった。今後、同様の調査を行うのであれば、簡易な表記による調査方法と、より高い精度を必要とする場合には、仮想 3D 空間映像を用いることを使い分ける必要があると思われる。今後は分節毎のデータとその前後の分節との関係について分析を行い、その成果を研究に活用していくこととする。

謝辞

本研究の一部は科研費（22615044）の助成を受けたものである。

参考文献

- *1 池田岳史 「都市街路における連続継起的空間構成要素表記と歩行者の視覚的行動変化から見たシーケンス景観に関する研究」京都工芸繊維大学学位論文，2000
- *2 池田岳史，川合康央，益岡了，和田章仁「都市空間における空間構成要素の連続性と人間行動に関する研究-その 1~3-」日本建築学会，近畿支部研究報告集 48~50 号，計画系，2008~2010
- *3 池田岳史，川合康央，益岡了「都市空間における空間構成要素と人間行動に関する研究-その 1~6-」日本建築学会，2001~2007 年度大会学術講演梗概集，F-1 分冊，2001~2004，2006，2007
- *4 池田岳史，川合康央，益岡了，和田章仁「都市空間における景観要素の連続性と人間行動に関する研究-その 1~3 -」日本建築学会，2008~2010 年度大会学術講演梗概集，F-1 分冊，2008~2010
- *5 池田岳史，川合康央，益岡了「都市空間における構成要素情報と人間行動 -その 1~5-」日本デザイン学会 デザイン学研究第 51~56 回研究発表大会概要集 2004~2009
- *6 池田岳史，川合康央，益岡了「空間における空間変化とサインの連続性に関する研究」日本デザイン学会 デザイン学研究第 57 回研究発表大会概要集 2010

またサイン情報の分析にあたり以下を参考とした。

- *7 太田幸夫 著 ピクトグラム [絵文字] デザイン 柏書房，1993
- *8 大庭浩治 編 公共交通機関旅客施設の移動円滑化ガイドライン 交通エコロジー・モビリティ財団，2002
- *9 鹿島出版会 編 駅再生 スペースデザインの可能性 鹿島出版会，2002
- *10 交通機関旅客施設のサインシステムガイドブック編集委員会 編 公共交通機関旅客施設のサインシステムガイドブック 交通エコロジー・モビリティ財団，2002

(平成 23 年 3 月 31 日受理)