

橋梁専門家が有する橋梁認知プロトタイプの特定方法

A method to specify cognitive prototypes of bridges of a bridge engineer employing an optical psychological experiment

石井信行*, 奥田隆啓**

Nobuyuki Ishii, Takayoshi Okuda

*工博, 山梨大学大学院医学工学総合研究部土木環境工学専攻(〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

**学士, 山梨大学大学院医学工学総合教育部土木環境工学専攻(〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

This study is to specify cognitive prototypes of bridges of bridge engineers using a proposed methodology based on "a Cognitive Model of a Sense of Dynamism of a Structure's Form" which one of the authors proposed. The methodology consists of an optical psychological experiment, which was reorganized from the previous study, and analyses with logical charts, which shows relations between obtained responses and a method to be applied. The authors carried out psychological experiments on twenty-nine bridge engineers, who were chosen as subjects because they were supposed to have some cognitive prototypes of bridges. As a result, the authors specified several different types of prototypes for arch-type bridges.

Key Words: Structural Design, Cognitive Science, Prototype, Psychological Experiment

キーワード: 構造デザイン, 認知科学, プロトタイプ, 心理学的実験

1. はじめに

土木の分野でもデザインが一つの重要な要素と位置付けられるようになり, 土木学会でもデザインが優れた土木構造物に対して2001年度からデザイン賞を授与するようになった。特に橋梁はデザインの結果が理解しやすいこともあり, 毎年デザイン賞最優秀賞または優秀賞を獲得している。

このように橋梁のデザインが注目されている中, 著者等の一人は, 人が視覚情報としての構造物の様態に力や動きのイメージを感覚とする現象を視覚情報の処理という視点で解釈し, 構造物力動性認知モデルを提案した¹⁾。このモデルは, 観察者が橋梁のような構造物に力や動きを感じることを, 観察者が観察時点で有している構造物に関する物としての意味「橋である」, 「物を渡す」というようなこと, 構造物を成立させているシステムの理解, および人間が本来的に有している上下左右, 重力というような感覚との組み合わせで説明しようと試みたもので, 人が対象を認知する過程において, 各個人が脳に抽象化された状態で保持している事象に対する認識(プロトタイプ)と対象物を照合するという, 認知科学におけるモデルに基づいている。また, このモデルに先立ち, 人が物の形態から力や動きを感じ取る認知過程を視覚的力学と定義している²⁾。

著者等の一人は, 構造物力動性モデルの妥当性を検証するために, 先行研究³⁾で視覚実験を行い, 吊橋, 斜張橋の認知プロトタイプの存在を論理的に説明した。しかしながら, 先行研究は橋梁認知プロトタイプの存在可能性と構造物力動性モデルの

妥当性の検証を目的として実験を構成したため, 各被験者が有する橋梁認知プロトタイプを特定するまでには至らなかった。また, 先行研究の結果から, 橋梁認知プロトタイプには部材の変更ができない固定型プロトタイプと, 変更ができる可換型プロトタイプがあることが推測された。そこで, 先行研究の知見を加えること, および個人の橋梁認知プロトタイプを特定することを考えた。

橋梁認知プロトタイプを簡易に特定する方法が確立できれば, 個々の橋梁エンジニアがどのように橋梁を理解しているか明確にできるので, 彼らのデザイン力を高める教育に貢献することが期待できると共に, 一般市民の橋梁に対する理解に関する情報を論理的に特定・整理することができ, デザインのヒントとすることが期待できる。

2. 目的・対象

本論文では, 「構造物力動性認知モデル」に基づき, 個人が有する橋梁認知プロトタイプを特定する方法を提示し, 具体的に特定することを目的とする。

対象とする橋梁形式はアーチ系とし, 被験者は橋梁専門家とする。橋梁形式をアーチ系とするのは, 構造物力動性認知モデルの汎用性を確認するために既に先行研究で取り上げた吊橋, 斜張橋以外の形式であること, また, 被験者を橋梁専門家とするのは, 橋梁認知モデルを有している可能性が極めて高いと考えられる属性だからである。

3. 橋梁認知プロトタイプ特定方法

3.1 適用する構造物力動性認知モデルの範囲

本論文では、対象とする橋梁形式に関して被験者が何らかのプロトタイプを有していることを仮定している。「正しく認知」及び「同定不可」の認知を行うことが期待できる。

また、モデルでは橋梁のプロトタイプを物プロトタイプ、システムプロトタイプ、物システムプロトタイプの3種類にわけられているが、これらを区別すると実験が複雑になりすぎることから、先行研究と同様に本論文ではこれら3者を一括して扱う。

3.2 同定に関する仮定

(1) 可換型プロトタイプの初期状態

照合に用いるプロトタイプが可換型の場合でも、基本的な構成の状態（初期状態）が存在すると考えられる。対象を初期状態の可換型プロトタイプで同定できる場合には、固定型プロトタイプでの同定過程と同じであると考えられる。

(2) プロトタイプ群のクラスター構成

照合に用いる可能性のあるプロトタイプ群が多層のクラスターを構成している場合には、主要素・準要素により構成される可換型プロトタイプを有しているため、同定にはスキーマを使っていると考えられる。

ここでスキーマとは、照合において確認する対象の部位や要素、及びそれらの組合せの順序であり、同定作業に対応してその場で修正・改変される可能性がある。

3.3 反応時間の差異に関する仮定

(1) プロトタイプの情報量

照合に用いるプロトタイプが低次（情報量が少ない）の場合には、高次（情報量が多い）のプロトタイプを用いる場合と比較して、照合する要素数が少ないため、同定に要する時間に関して、刺激の有する情報量とプロトタイプの情報量には正の相関があると考えられる。

また、照合作業が反復される場合には、繰り返しの伴い、脳内処理の負担を軽減するためにスキーマが形成され、意図的に照合に用いるプロトタイプを低次化する可能性が考えられる。

(2) プロトタイプの階層性

照合に用いるプロトタイプを構成する要素について主要素・準要素の位置付けが明確な場合は、階層的構造記述表現⁴⁾において最上位の階層である輪郭を構成する要素が主要素となっていると考えられるため、刺激の輪郭を構成する要素の違いの程度と同定に要する時間には負の相関があると考えられる。

ここで、主要素は単独でプロトタイプの同定の可否に影響する要素であり、準要素は主要素との組合せまたは準要素同士の組合せが同定の可否に影響する要素である。

(3) プロトタイプの固定・可換

照合に用いるプロトタイプが固定型の場合には、刺激にプロトタイプと異なる情報を知覚した時点で、同定の可否を決定し、

可換型の場合には、異なる情報を知覚してから、その要素を別のもので置き換えて照合作業を再度行ってから同定の可否を決定すると考えられるので、固定型プロトタイプによる同定は可換型プロトタイプによる同定よりも要する時間が短いと考えられる。

ただし、刺激が可換型プロトタイプの初期状態で同定されてしまう場合には、固定型プロトタイプによる同定と要する時間に差異は生じないと考えられる。

(4) 可換型プロトタイプの新たな初期状態

可換型プロトタイプで要素を置き換えて同定した場合には、置き換えた構成を有する可換型プロトタイプの初期状態を新たに生成している可能性があるため、同じ刺激を再度入力した場合、同定に要する時間は短くなると考えられる。

3.4 実験方法

(1) 内容

被験者に、提示した橋梁図形の橋梁形式を認知させ、回答させる視覚心理学的実験とする。

(2) データ

認知に要する時間と、認知の結果をデータとして得る。ここでの認知は、直接橋梁形式の名称等を回答させても、被験者のプロトタイプの内容が分からないので、刺激図形を基本図形と同定、基本図形以外と同定、及び同定不可のいずれかを選択することとする。基本図形と同定及び基本図形以外と同定は、いずれも正しく認知と解釈する。

(3) 刺激

同定に関する仮定及び反応時間の差異に関する仮定に基づいて、視覚試料として構造要素の組み合わせや形態を操作した橋梁図形を作成する。被験者が1回の認知で新たなプロトタイプを形成したか確認するために、同じ構造要素の組合せの試料図形を2回認知させる。

3.5 分析方法

(1) 認知に要した時間

基本図形と同じ形態の試料図形（基本試料図形）に対する反応時間を基準として、時間の長短を判定する。また、形態の同じ図形（基本図形と同じという意味ではない。）に対する1回目の認知に要した時間と、2回目の認知に要した時間の変化の仕方を判定する。

(2) 認知の結果

試料図形と基本図形の差異（要素の入れ替え、変形等の意図的な操作の結果）と、認知の結果との対応関係を整理する。

(3) 分析表

認知に要した時間と認知の結果の組合せから、被験者が試料図形の照合に用いたプロトタイプを特定するために、選択すべき論理の流れと、参照すべき他の試料図形に関する情報が示された表を作成する。

4. 視覚心理学的実験

4.1 被験者

(1) 被験者数の設定

本研究は、統計的に結果を分析するものではないので、特に被験者数を決定する根拠はないが、本手法が開発途上であることから、手法の開発に供する情報を得ることも兼ねて、20人以上とすることにし、実際には29名となった。

(2) 内訳

- A社：建設コンサルタント：5名(男性)
- B社：橋梁メーカー：5名(男性)
- C社：建設コンサルタント：5名(男性)
- D社：建設コンサルタント：4名(男性)
- E社：建設コンサルタント：6名(男性)
- F社：総合建設：4名(男性)
- 合計29名(全て設計業務に従事)

(3) 被験者の選定条件

橋梁エンジニアを対象とした視覚実験であるため、実務経験が6~12年かつ、裸眼または眼鏡・コンタクトレンズ装着で視力0.8以上ということで各社に依頼し、実際の実務経験については5年から33年、視力については0.5が1名、0.6が2名で、0.8以上が26名という内訳であった。

(4) 性別

性別に関しては先行研究において特別な差が表れなかったため、今回は考慮しないこととした。(実際には全て男性。)

4.2 実験装置と配置

(1) 実験装置

コンピュータ：FMV - BIBLO NE12A
ディスプレイ：DELL 製 1905FP HAS 19インチ TFT 液晶モニタ
反応測定ソフト：「実験プログラム PresentJPG.exe」
東北大学大学院情報科学研究科
人間情報学講座 和田裕一講師 作成

(2) 実験装置

実験者のパソコンを使用して、投影専用のディスプレイに実験試料を映写する。

被験者はディスプレイに映写した画面の幅が視角60度になる位置に画面中心に対する視線が俯角8~10度になるように、ディスプレイに正対して着座してもらう。(被験者とディスプレイの距離は0.5m~0.7mの間で調整。)

被験者の前に机を設置し、その上にキーボードを配置し、対応するキーの上に「」「×」「？」を表示した。

4.3 実験の流れ

視力の確認

教示と手順の説明

練習実験と質問受付

本実験

橋梁業務経験に関するインタビュー

4.4 実験の手順



写真1 実験風景

被験者に提示番号を1秒間提示する。

被験者に基本図形を1秒間提示する。

試料図形を提示し、その提示された図形が、「基本図形と同じ形式である()」か「それ以外の形式である(×)」か、または「どの形式であるかわからない(?)」と判断した時点で、それぞれに対応するキーボード上の対応するキーを押してもらう。

~ の過程をディスプレイ投影で96セット連続で行う。実験の手順を決定するに当たっては、次の3点を考慮した。

- ・基本図形が3種類あるため試料図形にあった基本図形を提示するために、基本図形を毎回提示する。
- ・試料図形を被験者が有するプロトタイプと照合させるために、基本図形と試料図形を同時に提示しない。
- ・基本図形を反復して提示することにより、図像記憶に含まれる情報が増大していくことが考えられるので、1回の提示時間を1秒とした。

4.5 教示と手順の説明

「これから始まる実験は、はじめに数字が提示されます。この数字は提示番号です。次に、ある橋梁形式の図形が1秒間提示されます。これを基本図形とします。次に、同じくある橋梁形式の図形が提示されます。その提示された橋梁図形が基本図形と同じ橋梁形式に属すると判断した場合には『 』ボタンを、基本図形とは異なる別の橋梁形式に属すると判断した場合には『 × 』ボタンを、どの橋梁形式であるか判断できない場合は『 ? 』ボタンをあなたが判断した時点で押してください。以上のことが一つのセットとなっております。ただし5秒経過すると自動的に次のセットに進みます。これをディスプレイで90数セット行います。ここまでの説明で何かわからない点はございますか?なければ最初に練習を行います。」

4.6 図形の作成

CADソフト(AutoCAD 2002)で3次元図形を作成し、陰線処理を行った後に、視点位置を決め表示させたものをTIFF形式で保存した。

4.7 基本図形

(1) 橋梁形式

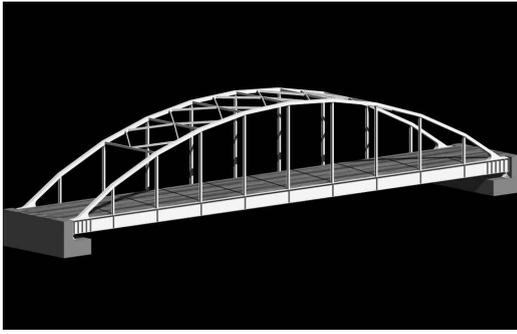


図-1 基本図形：ランガー桁橋：操作要素略号 A



図-2 基本図形：ローゼ桁橋：操作要素略号 A

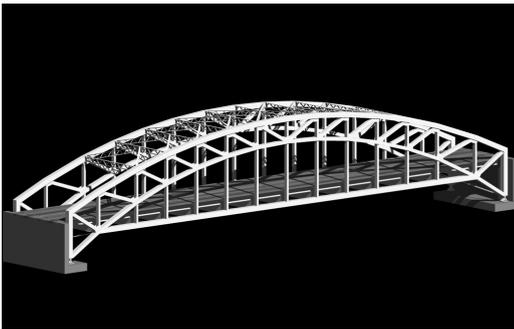


図-3 基本図形：ブレースドリブタイドアーチ橋
：操作要素略号 A

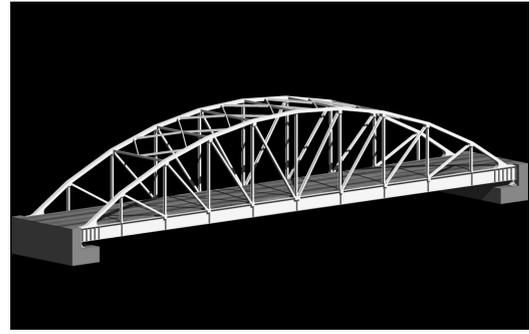


図-4 試料図形-3：操作要素略号 b



図-5 試料図形-21：操作要素略号

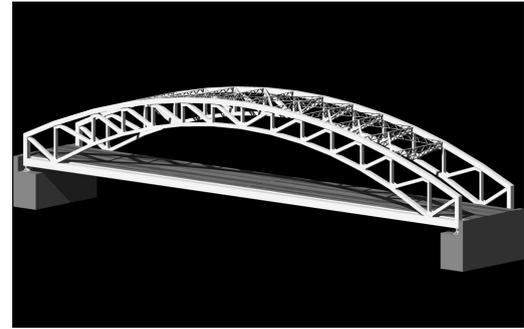


図-6 試料図形-84：操作要素略号 c

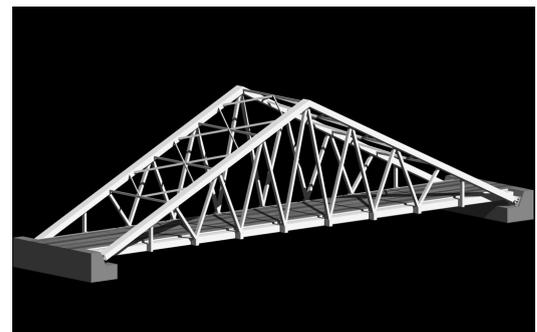


図-7 試料図形-30：操作要素略号 a

基本的な3つの下路アーチ系形式である、ランガー桁橋、ローゼ桁橋、ブレースドリブタイドアーチ橋を基本図形とした。

基本図形を3個とする理由は、1つの基本図形を繰り返し提示した場合に、試料図形の作図パターンが被験者に推測されやすくなること、基本図形の図像記憶による情報が増大する可能性があることを回避することである。

(2) 視線

橋梁に対する視線の設定を、俯角 10° 、視線入射角 50° とする。

理由は、手前と奥の吊材が重ならず、アーチ系橋梁の3次元形態が把握しやすいこと、また日常において橋梁を見る場合の視線と大きく異なることである。

4.8 試料図形

(1) 試料図形数

試料図形の数には、1図形に対する操作時間を9秒と見積もり、1被験者に対する実験が15分以内に収まるように98(48×2)とした。

(2) バリエーションの作成方法

基本図形(ランガー桁橋、ローゼ桁橋、ブレースドリブタイドアーチ橋)をベースに構造要素を変化させるものとした。

(3) 変化させる構造要素(橋梁変化要素)の決定

変化させる橋梁の要素と変化のさせ方は、次の通りである。括弧内に具体的なバリエーションを示した。

また、分析において基本図形に対して変化させた要素に注目することから、操作の対象とした要素を次の記号単独または組合せで示すこととし、それらを操作要素略号と呼ぶこととする。

A：変化無(=基本図形と同じ)

：リブ軸線

：基本構造

a：吊材(斜)

b：吊材(直斜)

c：吊材(無)

基本構造(補剛桁構造(例：図-2)、アーチ構造(例：図-5))
桁とアーチリブとの結合の有無であり、既存研究では視線誘
引箇所として抽出されている。

アーチリブの軸線(円、三角)

輪郭線を構成する要素であり、形態知覚、図と地の関係にお
いて重要な役割を果たすと考えられる。

吊材の配置(鉛直、斜め、鉛直と斜め、無し)

水平成分が卓越する橋梁形態の中で、鉛直成分が卓越する要
素であり、実際の橋梁においてもバリエーションがある。

(4) 視点位置の変化

今回の実験では、同じ形態の橋梁の試料図形を2回提示する
が、同じ図形を用いると、画像記憶の再認となりプロトタイプ
との照合がおこなわれない可能性があるため、視線入射角を変
化させた図形を提示する。

1 回目提示する試料図形は、基本図形と同じ、視線入射角
50°、俯角は10°とする。2 回目は1 回目の鏡対称とし、視線
入射角130°、俯角は10°とする。

(5) 試料図形の提示順序

前半に用いる試料図形の番号を1~48とし、後半に用いる鏡
像の試料図形の番号を49~96とし、それぞれ乱数表を用いて提
示順序を決定した。(表-1)

5. 実験結果分析表

5.1 分析表の作成目的

同定に関する仮定と反応時間の差異に関する仮定に基づき、
ある試料図形を同定した橋梁認知プロトタイプを特定する分析
過程を系統的に示すことを目的とする。表を作成することで、
論理展開の構成を明確にできると考える。

5.2 分析表の構成

(1) 枠組み

作業の流れが列の並びで左から右へ示され、流れに従って橋
梁プロトタイプとして推定される内容が行方向に細分化されて
いくようになっている。

尚、分析表は回答パターンと反応時間区分の組合せの数だけ
存在するので、その一つの例(表-4)のみを次章で示す。

(2) 作業の流れ

1) 同じ要素の構成を有する互いに鏡像関係にある試料図形
について、1 試行目と2 試行目の反応に要した時間の変化か
ら同定内容を推測する。

ここで、反応に要した時間の変化とは、3 組の互いに鏡像
関係にある基本試料図形に対する反応時間の平均に対して、

分析の対象としている試料図形に対する反応時間の1 試行目
での長短と2 試行目での長短の違いである。

時間の長短の判定は、1 試行目の基本試料図形に対する反
応時間と、2 試行目の基本試料図形に対する反応時間とに有
意差が無い場合には、6 個の基本試料図形の平均に対して、
全ての試料図形に対する反応時間の標準偏差の2分の1を上
下にとった範囲を「同じ」、その範囲より長い場合を「長」、
短い場合を「短」と判定する。一方、有意差がある場合には、
1 試行目と2 試行目を分けて同様に判定する。

2) 同じ要素の構成を有する互いに鏡像関係にある試料図形
について、1 試行目と2 試行目の判断とその変化から同定内
容を推測する。

3) 同じ要素の構成を有する互いに鏡像関係にある試料図形
について、1 試行目と2 試行目の反応に要した時間の変化か

表-1 試料図形一覧表

視線 入射角	形式	リブ 形態	基本 構造	吊 材	試 料 番 号	提 示 番 号	視線 入射角	形式	リブ 形態	基本 構造	吊 材	試 料 番 号	提 示 番 号
50	ランガー	円	補剛桁	直	1	28	130	ランガー	円	補剛桁	直	49	64
				斜	2	40					斜	50	76
				直+斜	3	15					直+斜	51	69
			アーチ	無	4	47				無	52	60	
				直	5	11				直	53	88	
				斜	6	4				斜	54	66	
			三角	補剛桁	直+斜	7				21	直+斜	55	96
					無	8				8	無	56	52
					直	9				39	直	57	94
				アーチ	斜	10				36	斜	58	63
					直+斜	11				30	直+斜	59	84
					無	12				48	無	60	92
		ローゼ		円	補剛桁	直		13	25	直	61	72	
						斜		14	20	斜	62	74	
						直+斜		15	12	直+斜	63	80	
					アーチ	無		16	27	無	64	59	
						直		17	33	直	65	65	
						斜		18	14	斜	66	90	
			三角	補剛桁	直+斜	19		35	直+斜	67	78		
					無	20		24	無	68	55		
					直	21		34	直	69	61		
				アーチ	斜	22		38	斜	70	82		
					直+斜	23		42	直+斜	71	67		
					無	24		17	無	72	83		
	ブレースドリブ	円	補剛桁	直	25	44	直	73	81				
				斜	26	3	斜	74	71				
				直+斜	27	19	直+斜	75	85				
			アーチ	無	28	31	無	76	91				
				直	29	7	直	77	50				
				斜	30	26	斜	78	53				
		三角	補剛桁	直+斜	31	9	直+斜	79	51				
				無	32	2	無	80	75				
				直	33	32	直	81	79				
			アーチ	斜	34	45	斜	82	77				
				直+斜	35	41	直+斜	83	95				
				無	36	6	無	84	58				
	ブレースドリブ	円	補剛桁	直	37	37	直	85	57				
				斜	38	13	斜	86	68				
				直+斜	39	5	直+斜	87	62				
			アーチ	無	40	22	無	88	73				
				直	41	23	直	89	49				
				斜	42	16	斜	90	70				
		三角	補剛桁	直+斜	43	46	直+斜	91	86				
				無	44	43	無	92	87				
				直	45	29	直	93	56				
			アーチ	斜	46	1	斜	94	54				
				直+斜	47	10	直+斜	95	93				
				無	48	18	無	96	89				

ら推測した同定内容と、判断とその変化から推測した同定内容を統合して、対象とする試料図形の同定に用いられた橋梁プロトタイプを選択肢を整理する。

4)他の試料図形の判断内容を参照して、対象としている橋梁プロトタイプが固定型か可換型かを判定する。

参照する他の試料図形に関する事項は、分析の対象としている試料図形と反応時間と判断の組合せにより決まり、場合分けが多岐に渡るため、別表に示している。

5)固定型・可換型を特定した橋梁プロトタイプについて、他の試料図形の判断内容を参照して、主要素・準要素の何れでもない要素、主要素、準要素の順に特定する。

参照する他の試料図形に関する事項は、分析の対象としている試料図形と反応時間と判断の組合せにより決まり、場合分けが多岐に渡るため、別表に示している。

6)結論を示す。結論の内容は、橋梁プロトタイプの特定の可否、特定された場合には固定型・可換型の別、主要素、準要素である。

橋梁プロトタイプが特定できない場合としては、図像記憶により判断している、実験の途中で徐々に照合の仕方を変更している、教示に従わず被験者の考え方で実験を理解したというような状況が考えられる。

6. 実験結果

6.1 データ処理

実験は2005年12月に行った。被験者毎に実験の結果を、提示順に基本図形記号、試料図形番号、判断、判断に要した時間が示された個人データ集計表と、アーチリブの形式毎に、アーチ軸線形状、基本形式、吊材形式、試料番号、判断に要した時間、判断を試料図形一覧表の構成と似た形に整理した個人形式別データ集計表を作成した。

尚、個人データ集計表と個人形式別データ集計表については、次節に例を示す。

6.2 分析事例

3名の被験者について、得られたデータ、分析過程、分析結果を示す。

(1) 被験者 A (実務経験7年): ローゼ桁橋

1) 反応時間判定基準

- ・橋梁図形の見方の変化: 無
- ・全体標準偏差: 0.489(s)
- ・基準値ゾーン: $0.236(s) < t < 0.725(s)$
- ・短ゾーン: $t < 0.236(s)$
- ・長ゾーン: $t > 0.725(s)$

2) 分析表

- ・着目する試料図形: 基本試料図形 (図2)

(表-3の操作要素略号A)

表2 個人データ集計表 (被験者 A)

presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)		
1	C	46	x	0.789	25	A	13	x	0.631	49	C	89	x	2.275	73	C	88		0.433		
2	B	32	x	0.771	26	B	30	x	1.010	50	B	77	x	1.193	74	A	62	x	0.556		
3	B	26	x	0.572	27	A	16	x	1.126	51	B	79	x	0.755	75	B	80	x	0.685		
4	A	6		0.609	28	A	1		0.588	52	A	56		0.667	76	A	50		0.417		
5	C	39		0.601	29	C	45	x	0.794	53	B	78	x	0.630	77	C	82		0.545		
6	C	36		0.838	30	A	11	x	0.829	54	C	94	x	0.704	78	B	67		0.494		
7	B	29	x	1.001	31	B	28	x	0.653	55	B	68		0.598	79	C	81		0.337		
8	A	8		0.720	32	C	33		0.556	56	C	93	x	0.843	80	A	63	x	0.490		
9	B	31	x	0.600	33	B	17		0.443	57	C	85		0.514	81	B	73	x	3.332		
10	C	47	x	0.700	34	B	21		0.368	58	C	84		0.406	82	B	70		0.409		
11	A	5		0.749	35	B	19		0.457	59	A	64	x	0.482	83	B	72		0.526		
12	A	15	x	0.812	36	A	10	x	0.560	60	A	52		0.540	84	A	59	x	0.484		
13	C	38		0.825	37	C	37		0.551	61	B	69		0.506	85	B	75	x	1.563		
14	B	18		0.598	38	B	22		0.590	62	C	87		0.534	86	C	91		0.225		
15	A	3		0.730	39	A	9	x	1.007	63	A	58	x	0.541	87	C	92	x	0.516		
16	C	42	x	0.602	40	A	2		0.407	64	A	49		0.460	88	A	53		0.662		
17	B	24		2.662	41	C	35		0.270	65	B	65		0.327	89	C	96	x	0.541		
18	C	48	x	0.837	42	B	23		0.530	66	A	54		0.337	90	B	66		0.407		
19	B	27	x	1.311	43	C	44	x	0.679	67	B	71		0.344	91	B	76	x	0.612		
20	A	14	x	1.026	44	B	25	x	0.697	68	C	86		0.675	92	A	60	x	2.664		
21	A	7		0.774	45	C	34		0.777	69	A	51		0.519	93	C	95	x	1.709		
22	C	40		0.749	46	C	43	x	0.864	70	C	90	x	0.615	94	A	57	x	0.906		
23	C	41	x	0.601	47	A	4		1.094	71	B	74	x	0.729	95	C	83		0.399		
24	B	20		1.125	48	A	12	x	0.621	72	A	61	x	0.861	96	A	55		0.532		
				RT (s)平均					0.780					RT (s)平均					0.760		
				S.D					0.353					S.D					0.612		
				RT(s)平均基本					0.527					RT (s)平均ALL					0.770		
																S.D ALL					0.489
																RT(s)平均基本					0.434

presen: 提示順序
RT (s): 反応時間
No. 試料図形
Ans: 判断 color

青() : 基本図形と同じ 無色(x) : 基本図形と異なる
黄(?) : わからない 緑(99) 時間切れ

base 基本図形(A:ランガー桁橋 B:ローゼ桁橋
C:ブレースドリブタイプアーチ橋)

S.D :前半1~48の標準偏差(No.1,17,37除く)
S.D :後半49~96標準偏差(No.49,65,85除く)

: 基本図形と同じ試料図形

-S.D ALL :1~96の全ての標準偏差
RT (s)平均基本 :No.1,17,37の平均反応時間
RT (s)平均基本 :No.49,65,85の平均反応時間
RT (s)平均 :前半1~48の平均反応時間(No.1,17,37除く)
RT (s)平均 :後半49~96の平均反応時間(No.49,65,85除く)
RT (s)平均ALL :1~96の全ての平均反応時間(No.1,17,37,49,65,85除く)

表3 個人形式別データ集計表(被験者 A)

ア チ リ ブ の 軸 線	基本 構 造	吊 材	アーチリブ形式								
			ローゼ								
			操作要素略号								
		No	RT(s)	No	RT(s)	No	判断	No	判断		
円	補剛桁	直	A	17	0.443	65	0.327	17		65	
		斜	a	18	0.598	66	0.407	18		66	
		直+斜	b	19	0.457	67	0.494	19		67	
	アチ	無	c	20	1.125	68	0.598	20		68	
		直		21	0.368	69	0.506	21		69	
		斜	a	22	0.590	70	0.409	22		70	
三角	補剛桁	直+斜	b	23	0.530	71	0.344	23		71	
		無	c	24	2.662	72	0.526	24		72	
		直		25	0.697	73	3.332	25	x	73	x
	アチ	斜	a	26	0.572	74	0.729	26	x	74	x
		直+斜	b	27	1.311	75	1.563	27	x	75	x
		無	c	28	0.653	76	0.612	28	x	76	x
アチ	直		29	1.001	77	1.193	29	x	77	x	
	斜	a	30	1.010	78	0.630	30	x	78	x	
	直+斜	b	31	0.600	79	0.755	31	x	79	x	
	無	c	32	0.771	80	0.685	32	x	80	x	

・No. 試料図形番号 ・ 前半, 後半 基本図形と同じ
 RT(s) 反応時間 x 基本図形と異なる
 [長ゾーン 無色 基ゾーン 短ゾーン] ? わからない
 操作要素略号 基本図形から変更した要素[A 変化無(=基本図形と同じ)
 :リブ軸線, 基本構造, a:吊材(斜), b:吊材(直斜), c:吊材(無)]

- ・判断結果: (前半の判断結果 後半の判断結果)
- ・時間変化: 基 基 (0.443(s) 0.327(s))
- したがって 分析表の -1 基 or 短 基 or 短(, x, ?) (表4) を用いる .
- (a) 時間変化パターン(現象 A) と判断結果パターン(現象 B) に基づく同定内容
 この時点で考えられる同定内容は
 ・考察 A の - と考察 B の の ~ 橋梁プロトタイプを用いている場合~
 同定の可否決定には前半と後半で同じ橋梁プロトタイプを用いており, そのプロトタイプは固定型又は可換型プロト

タイプの初期状態である .

・考察 A の - と考察 B の - ~ 橋梁プロトタイプを用いてない場合 ~

画像記憶で判断している可能性がある .

(b) 橋梁プロトタイプを用いて判断しているかの確認

ローゼ桁橋, ランガー桁橋及びブレースドリブタイトアーチ橋の全ての形式について, 基本図形と同じ橋梁図形 (操作要素略号 A の試料図形) の判断結果が前半と後半で となつていることを確認する .

(c) 同定内容の確定

(b) の項目で確認ができたので, 橋梁プロトタイプを用いて判断していることが考えられる . しかしこの時点では対象の試料図形が判断にどのような影響を与えているのかわからないので, 具体的な橋梁プロトタイプを特定することはできない . そこでローゼ桁橋形式内の他の試料図形の判断結果と時間変化から, 具体的な橋梁プロトタイプの特定を試みる .

3) 分析補助表

(a) 橋梁形式内で対象図形と同じ判断結果の組合せをさがす . 対象の試料図形の判断結果は である . 表3 を見ると同じ判断結果の試料図形が選出可能であることがわかるので, 次にそれらの時間変化を見る .

・選出結果

操作要素略号 a, b, c, , a, b, c の試料図形

(b) 前半後半における時間変化の分類

・結果

長 基 : 操作要素略号 c, c の試料図形

基 基 : 操作要素略号 a, b, a, b の試料図形

・考察

表4 分析表(-1 基 or 短 基 or 短(, x, ?))

1度目2度目の時間変化から同定内容を推測する。(対象 構成要素を変化させた刺激)		1度目2度目の判断結果から同定内容を推測する。(対象 構成要素を変化させた刺激)		判断結果と時間変化に基づき同定内容の組合せを示す。	1度目2度目の基本図形と同じ試料図形に対する判断結果から対象の時間変化と判断結果で, 橋梁プロトタイプを用いている同定内容の組合せを確定する。		左隣の項目で確定した組合せから導かれる同定内容		同じ基本図形を基にして操作した試料図形の判断結果と時間変化から判断時に用いた橋梁プロトタイプの状態を推定する。		結論
時間変化パターン	現象A 1度目2度目の時間ゾーンの同定内容を述べている。 考察A 現象Aの時間変化パターンから考えられる同定内容を述べている。	判断結果パターン	現象B 1度目2度目の判断結果の同定内容を述べている。 考察B 現象Bの判断結果の変化パターンから考えられる同定内容を述べている。		1度目と2度目の判断結果パターン	確定項目	同定内容	着目する試料図形	1度目と2度目の判断結果と時間変化	操作した主要素又は準要素の存在	
基 (1度目) 基or短 (2度目) 又は短 (1度目) 基or短 (2度目)	現象A 1.基or短ゾーン(1度目) 刺激を知覚した時点で, 同定の可否決定をしている。 2.基or短ゾーン(2度目) 刺激を知覚した時点で, 同定の可否決定をしている。 注ただし, 橋梁プロトタイプ以外での判断の可能性もある。 考察A 橋梁プロトタイプを用いている場合 固定型又は可換型の初期状態のプロトタイプを用いて同定の可否決定をしている。 橋梁プロトタイプを用いてない場合 画像記憶で判断している。 視線入射角の差異が要因で, 判断している。	(1度目) (2度目)	現象B 1. (1度目) ある橋梁形式と同定している。(=正し認知) 2. (2度目) ある橋梁形式と同定している。(=正し認知) 注ただし, 橋梁プロトタイプ以外での判断の可能性もある。 考察B 橋梁プロトタイプを用いている場合 同定の可否決定には1度目と2度目と同じ橋梁プロトタイプを用いている。 同定の可否決定には1度目と2度目で精度の異なる橋梁プロトタイプを用いている。 橋梁プロトタイプを用いてない場合 画像記憶で判断している。	考察A - 考察B - -	考察A - 考察B -	橋梁プロトタイプを用いて同定の可否決定をしていると考えられる。ただし, 時間変化と判断結果から変化した要素が判断に影響を与えているかどうかはこの時点ではわからないので, それを踏まえて判断時に用いた橋梁プロトタイプがどのような状態なのかを検討する項目から, 固定型又は可換型プロトタイプを推定する。	分析補助表へ	無	有	固定型 可換型	
				x ?	考察A - 考察B -	(1)画像記憶				特定不可 今回の視覚実験方法では実験データが不十分なので橋梁プロトタイプは特定できない。	
				x x x x ?	考察A 該当無し 考察B 該当無し	橋梁図形の見間違い, ボタンの押し間違いなどの可能性が考えられる。					

長 基に時間変化している試料図形が存在することから、可換型プロトタイプを用いて判断していることが考えられる。さらにアーチ軸線が円でかつ吊り材が存在する試料図形の判断時に対しては、時間変化が基 基であることから、可換型プロトタイプの初期状態で同定したと考えられる。そして可換型プロトタイプを用いて判断しているということは、主要素と準要素が橋梁プロトタイプに存在すると考えられるので、次の項目で橋梁プロトタイプの主要素および準要素の特定を行う。

(c) 主要素の特定

基本図形と異なるという判断がなされている試料図形は、表-3 よりリブ軸線が操作要素となっている図形が該当するので、これらの判断結果から主要素の特定を行う。

a) リブ軸線(三角)

最初にリブ軸線のみを三角に操作した試料図形(操作要素略号)の判断結果を見ると、x xになっている。これはリブ軸線(円)が橋梁プロトタイプの主要素として用いられていることを表していると考えられる。また、吊材のみが変化した操作要素略号 a, b, c の試料図形の判断結果から、操作した吊材は主要素ではないことが考えられる。一方、リブ軸線が三角で同じ操作をした吊材の操作要素略号 a, b, c の試料図形では判断結果がx xとなっている。したがって操作要素略号 a と a, b と b, c と c それぞれの試料図形の判断結果を比較すると、リブ軸線が主要素であることがわかる。

表-5 主要素の存在検討表 (被験者 A)

操作要素	操作内容	操作要素略号	判断結果	判断結果による主要素の存在検討
リブ	三角		x x	リブ軸線のみが変化しているので、リブ軸線が主要素である
吊	斜	a		操作した吊材は主要素ではない
吊+リブ	斜+三角	a	x x	操作した吊材は主要素でないことからリブ軸線が主要素である
吊	直斜	b		操作した吊材は主要素ではない
吊+リブ	直斜+三角	b	x x	操作した吊材は主要素でないことからリブ軸線が主要素である
吊	無	c		操作した吊材は主要素ではない
吊+リブ	無+三角	c	x x	操作した吊材は主要素でないことからリブ軸線が主要素である

(d) 準要素の特定

要素の変更をしたにもかかわらず判断が変わらなかった試料図形は、表-3 より吊材(斜, 直斜, 無)と基本構造(補剛桁)が操作要素となっている図形が該当するので、これらの判断結果と時間変化から準要素の特定を行う。

a) 吊材(斜, 直斜)と基本構造(アーチ)

それぞれ操作した要素の試料図形の時間変化を表-6 として作成した。まず、吊材を無に操作した試料図形(操作要素略号 c)は時間変化が1.125(s) 0.598(s)と約0.5(s)減少していることから、吊材の要素の置換を行って同定した構成要素が、可換型プロトタイプの初期状態で新たに生成している可能性が高いと考える。

吊材を斜と直斜に操作した試料図形(操作要素略号 a, b)の時間変化は大きくないが、上記で吊材要素を置換しているこ

とから、準要素として可換型プロトタイプの初期状態が存在していることが述べられる。

基本構造に関しては、時間変化が大きいので、この表の結果からでは準要素として存在しているかどうかはわからないため、さらに他の試料図形と比較することで、準要素の存在検討を試みる。

表-6 準要素の存在検討表 (被験者 A)

判断結果	操作要素	操作内容	操作要素略号	時間変化		時間変化又は他の試料図形の回答結果の組合せにおける準要素の存在検討
				前半(s)	後半(s)	
	吊	無	c	1.125	0.598	操作した吊材は置換した準要素である。
		斜	a	0.598	0.407	他の吊材要素(吊材無)で、置換した準要素として特定されたので操作した吊材は、可換型の初期状態における準要素である。
		直斜	b	0.457	0.494	上記と同内容
		直	A	0.443	0.327	上記と同内容
	基	アーチ		0.368	0.506	このデータからは準要素の存在検討はできない。基本構造(アーチ)の準要素における検討へ
時間変化に関して						吊 吊材 基 基本構造

b) 基本構造(アーチ)の準要素における検討

最初に基本構造(アーチ)の構成要素を含む試料図形と含まない同じ構成要素の試料図形との判断結果、反応時間を比較するための表-7を作成した。

表-7 準要素の存在検討補助表 (被験者 A)

判断結果	操作要素	操作内容	操作要素略号	時間変化		時間変化又は他の試料図形の回答結果の組合せにおける準要素の存在検討	検討
				前半(s)	後半(s)		
	基	補剛桁	A	0.443	0.327	反応時間に大きな差異がないことから基本構造は判断に影響を与えていないと考える。	A
		アーチ		0.368	0.506		
	吊	斜	a	0.598	0.407	反応時間に大きな差異がないことから基本構造は判断に影響を与えていないと考える。	B
		アーチ+斜	a	0.590	0.409		
	吊	直斜	b	0.457	0.494	反応時間に大きな差異がないことから基本構造は判断に影響を与えていないと考える。	C
		アーチ+直斜	b	0.530	0.344		
	吊	無	c	1.125	0.598	基本構造がアーチの時の試料図形の反応時間及び時間変化が全体傾向の中で異なる変化をしているので、今回の橋梁プロトタイプの特定では取り扱わないこととする。	D
		アーチ+無	c	2.662	0.526		
時間変化に関して						吊 吊材 基 基本構造	

・検討A: 操作要素略号Aと の試料図形
基本試料図形(図-2 及びその鏡像)と基本構造のみをアーチに操作した試料図形(図-5 及びその鏡像)との比較である。判断結果は同じで、反応時間にも差異がないことから、基本構造は判断に影響を与えていないと考えられる。

・検討B: 操作要素略号aと aの試料図形
共通要素が吊材の斜で、基本構造のみが異なる試料図形との比較である(次頁図-8, 図-11 及びそれらの鏡像)。判断結果は同じで、反応時間にも差異がないことから、基本構造は判断に影響を与えていないと考えられる。

・検討C: 操作要素略号bと bの試料図形
共通要素が吊材の直斜で、基本構造のみが異なる試料図形との比較である(次頁図-9, 図-12 及びそれらの鏡像)。判断結

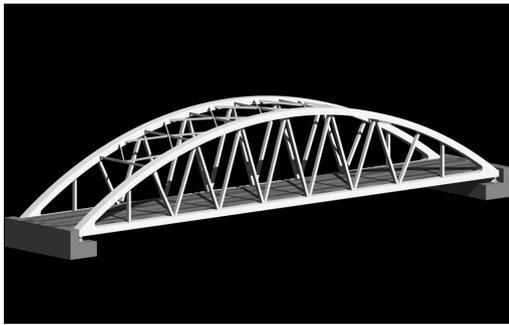


図-8 試料図形-18：操作要素略号 a

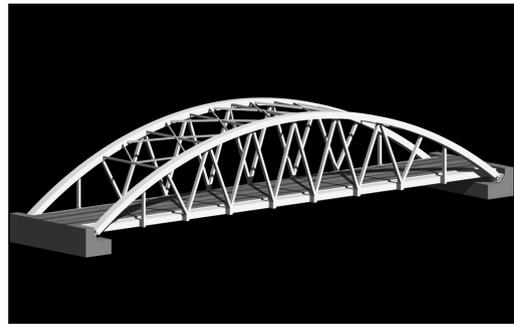


図-11 試料図形-22：操作要素略号 a

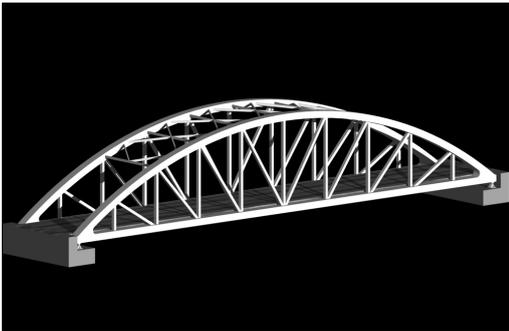


図-9 試料図形-19：操作要素略号 b

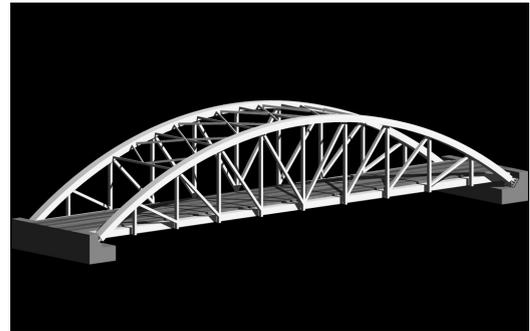


図-12 試料図形-23：操作要素略号 b

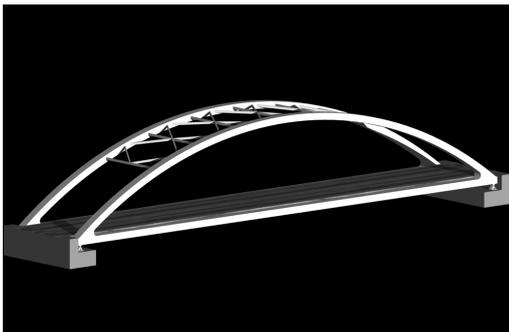


図-10 試料図形-20：操作要素略号 c

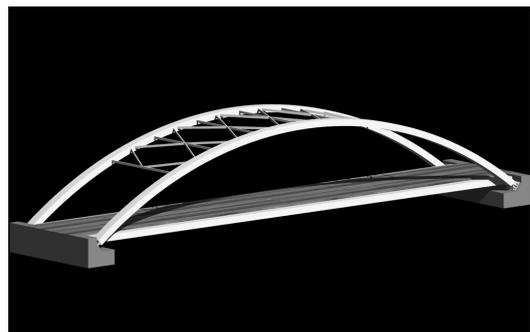


図-13 試料図形-24：操作要素略号 c

果は同じで、反応時間にも差異がないことから、基本構造は判断に影響を与えていないと考えられる。

・検討D：操作要素略号cとcの試料図形

共通要素が吊材の無で、基本構造のみが異なる試料図形との比較である(図-10, 図-13及びそれらの鏡像)。判断結果は同じで、反応時間の変化パターンも同じである。反応時間の変化パターンの要因としては、準要素の存在検討で、準要素の吊材(無)が置換した影響が考えられる。しかし基本構造がアーチの時の試料図形の反応時間が前半は2.662(s)と前半の中で異質な値であり、後半では0.570(s)と極端に短くなっていることから全体の回答傾向から大きく異なった変化をしている。したがってこのデータを使って、橋梁プロトタイプの特定を行うのは困難な解釈を伴うと考えたので、取り扱わないことにする。

・検討結果のまとめ

検討A～Dより基本構造(アーチ)は準要素ではないと判定することが妥当と考えられる。

表-8 被験者Aの橋梁認知プロトタイプ

橋梁形式	ローゼ桁橋
プロトタイプの型	可換型プロトタイプ
橋梁プロトタイプ	主要素 リブ軸線(円) 準要素(初期状態を構成しない) 吊材(無) 準要素(初期状態を構成する) 吊材(直, 斜, 直斜)

(e) 結論

分析の結果、この被験者が橋梁形式ローゼ桁橋に対して持っていると考えられる橋梁認知プロトタイプは表-8の通りである。

(2) 被験者B(実務経験20年): ランガー補剛桁橋

個人データ集計表, 個人形式別データ集計表, 橋梁認知プロトタイプの各表のみ次頁に掲載する。

表9 個人データ集計表(被験者B)

presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)
1	C	46	x	0.915	25	A	13	x	0.340	49	C	89	x	0.381	73	C	88	x	0.549
2	B	32	x	0.610	26	B	30	x	0.297	50	B	77	x	0.537	74	A	62	x	0.441
3	B	26	x	0.601	27	A	16	x	0.309	51	B	79	x	0.410	75	B	80	x	0.402
4	A	6	x	1.370	28	A	1	x	0.891	52	A	56	x	0.521	76	A	50	x	0.782
5	C	39		1.215	29	C	45	x	0.327	53	B	78	x	0.444	77	C	82	x	1.349
6	C	36	x	0.847	30	A	11	x	0.367	54	C	94	x	1.544	78	B	67	x	0.436
7	B	29	x	0.509	31	B	28	x	0.332	55	B	68	x	0.648	79	C	81	x	0.935
8	A	8	x	0.649	32	C	33	x	1.082	56	C	93	x	0.518	80	A	63	x	0.485
9	B	31	x	0.448	33	B	17	x	1.113	57	C	85		1.046	81	B	73	x	0.384
10	C	47	x	0.380	34	B	21	x	1.027	58	C	84	x	0.468	82	B	70	x	0.578
11	A	5	x	1.248	35	B	19	x	0.751	59	A	64	x	0.401	83	B	72	x	0.482
12	A	15	x	0.476	36	A	10	x	0.340	60	A	52	x	0.608	84	A	59	x	0.338
13	C	38	x	2.465	37	C	37		0.820	61	B	69	x	0.693	85	B	75	x	0.374
14	B	18	x	0.719	38	B	22	x	0.391	62	C	87		0.948	86	C	91	x	0.767
15	A	3	x	3.073	39	A	9	x	0.556	63	A	58	x	0.515	87	C	92	x	0.344
16	C	42	x	0.645	40	A	2	x	0.349	64	A	49		0.767	88	A	53	x	0.774
17	B	24	x	0.468	41	C	35	x	1.226	65	B	65		0.573	89	C	96	x	0.613
18	C	48	x	0.424	42	B	23	x	0.482	66	A	54	x	1.962	90	B	66	x	0.548
19	B	27	x	0.363	43	C	44	x	0.578	67	B	71	x	0.723	91	B	76	x	0.401
20	A	14	x	0.405	44	B	25	x	0.370	68	C	86		1.051	92	A	60	x	0.329
21	A	7	x	0.465	45	C	34	x	0.369	69	A	51	x	0.783	93	C	95	x	0.686
22	C	40		1.256	46	C	43	x	0.346	70	C	90	x	0.634	94	A	57	x	0.389
23	C	41	x	0.402	47	A	4	x	0.518	71	B	74	x	0.379	95	C	83		1.478
24	B	20	x	0.444	48	A	12	x	0.378	72	A	61	x	0.493	96	A	55	x	0.700

presen 提示順序	RT(s) 平均	0.692	RT(s) 平均	0.649
RT(s) 反応時間	S.D	0.542	S.D	0.344
No. 試料図形	RT(s) 平均基本	0.941	RT(s) 平均ALL	0.671
Ans 判断 color			S.D ALL	0.445
青() :基本図形と同じ 無色(x) :基本図形と異なる			RT(s) 平均基本	0.795
黄(?) :わからない 緑(99) :時間切れ				
base :基本図形(A :ランガー桁橋 B :ローゼ桁橋 C :ブレースドリブタイトアーチ橋)				
S.D :前半1~48の標準偏差(No.1,17,37除く)				
S.D :後半49~96標準偏差(No.49,65,85除く)				

表10 個人形式別データ集計表(被験者B)

ア	基本構造	吊材	アーチ形式								
			ランガー								
			操作要素略号		No		RT(s)		判断		
円	補剛桁	直	A	1	0.891	49	0.767	1	x	49	
		斜	a	2	0.349	50	0.782	2	x	50	x
		直+斜	b	3	3.073	51	0.783	3	x	51	x
		無	c	4	0.518	52	0.608	4	x	52	x
	アチ	直		5	1.248	53	0.774	5	x	53	x
		斜	a	6	1.370	54	1.962	6	x	54	x
		直+斜	b	7	0.465	55	0.700	7	x	55	x
		無	c	8	0.649	56	0.521	8	x	56	x
三角	補剛桁	直		9	0.556	57	0.389	9	x	57	x
		斜	a	10	0.340	58	0.515	10	x	58	x
		直+斜	b	11	0.367	59	0.338	11	x	59	x
		無	c	12	0.378	60	0.329	12	x	60	x
	アチ	直		13	0.340	61	0.493	13	x	61	x
		斜	a	14	0.405	62	0.441	14	x	62	x
		直+斜	b	15	0.476	63	0.485	15	x	63	x
		無	c	16	0.309	64	0.401	16	x	64	x

*No. 試料図形番号・前半, 後半 基本図形と同じ
 RT(s) 反応時間 x 基本図形と異なる
 [:長ゾーン 無色 基ゾーン・短ゾーン] ? わからない
 操作要素略号 :基本図形から変更した要素(A :変化無(=基本図形と同じ)
 [:リブ軸線, 基本構造, a:吊材(斜), b:吊材(直斜), c:吊材(無)]

表11 被験者Bの橋梁認知プロトタイプ

橋梁形式	ランガー桁橋
プロトタイプの型	固定型プロトタイプ
橋梁プロトタイプ	要素 :リブ軸線(円), 基本構造(補剛桁) 吊材(直)

(3) 被験者C(実務経験15年)

:ブレースドリブタイトアーチ橋

個人データ集計表, 個人形式別データ集計表, 主要素の存在検討表, 準要素の存在検討表, 橋梁認知プロトタイプの各表のみ本頁及び次頁に掲載する。

表12 個人形式別データ集計表(被験者C)

ア	基本構造	吊材	アーチ形式									
			ブレースドリブタイトアーチ									
			操作要素略号		No		RT(s)		判断			
円	補剛桁	直		33	2.729	81	1.292	33		81		
		斜	a	34	2.129	82	1.181	34		82		
		直+斜	b	35	1.596	83	1.247	35		83		
		無	c	36	2.076	84	1.798	36	x	84	?	
	アチ	直	A	37	1.079	85	1.011	37		85		
		斜	a	38	1.789	86	1.059	38		86		
		直+斜	b	39	1.445	87	1.392	39		87		
		無	c	40	1.408	88	1.132	40	x	88	?	
	三角	補剛桁	直		41	2.232	89	1.698	41	x	89	x
			斜	a	42	2.311	90	1.093	42	x	90	x
			直+斜	b	43	1.580	91	1.254	43	x	91	x
			無	c	44	1.885	92	1.713	44	?	92	?
アチ		直		45	2.534	93	0.854	45	x	93	x	
		斜	a	46	1.345	94	1.157	46	x	94	x	
		直+斜	b	47	1.318	95	1.023	47	x	95	x	
		無	c	48	2.089	96	1.021	48	x	96	?	

*No. 試料図形番号・前半, 後半 基本図形と同じ
 RT(s) 反応時間 x 基本図形と異なる
 [:長ゾーン 無色 基ゾーン・短ゾーン] ? わからない
 操作要素略号 :基本図形から変更した要素(A :変化無(=基本図形と同じ)
 [:リブ軸線, 基本構造, a:吊材(斜), b:吊材(直斜), c:吊材(無)]

表-13 個人データ集計表 (被験者 C)

presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)	presen	base	No.	Ans	RT(s)
1	C	46		1.345	25	A	13		1.978	49	C	89	x	1.698	73	C	88	?	1.132
2	B	32	x	1.143	26	B	30	x	1.303	50	B	77	x	1.202	74	A	62	x	1.149
3	B	26	x	1.932	27	A	16	?	2.049	51	B	79	x	1.054	75	B	80	?	1.323
4	A	6		1.600	28	A	1		1.868	52	A	56	?	0.982	76	A	50		1.466
5	C	39		1.445	29	C	45	x	2.534	53	B	78	x	1.054	77	C	82		1.181
6	C	36	x	2.076	30	A	11		2.867	54	C	94	x	1.157	78	B	67		1.381
7	B	29	x	1.259	31	B	28	?	1.818	55	B	68	?	1.571	79	C	81		1.292
8	A	8	?	2.287	32	C	33		2.729	56	C	93	x	0.854	80	A	63	x	2.045
9	B	31	x	2.375	33	B	17		1.097	57	C	85		1.011	81	B	73	x	0.912
10	C	47	x	1.318	34	B	21		1.459	58	C	84	?	1.798	82	B	70		1.278
11	A	5		1.262	35	B	19	?	3.252	59	A	64	?	0.934	83	B	72	?	1.382
12	A	15		3.041	36	A	10	x	2.348	60	A	52	?	1.526	84	A	59	x	1.072
13	C	38		1.789	37	C	37		1.079	61	B	69		1.664	85	B	75	x	0.857
14	B	18		2.300	38	B	22		1.966	62	C	87		1.392	86	C	91	x	1.254
15	A	3		2.151	39	A	9	x	2.840	63	A	58	x	1.160	87	C	92	?	1.713
16	C	42	x	2.311	40	A	2		1.181	64	A	49		1.186	88	A	53		1.127
17	B	24		2.429	41	C	35		1.596	65	B	65		1.049	89	C	96	?	1.021
18	C	48	x	2.089	42	B	23		2.318	66	A	54		1.378	90	B	66		0.984
19	B	27	x	1.076	43	C	44	?	1.885	67	B	71		1.401	91	B	76	?	1.175
20	A	14		1.952	44	B	25	x	1.502	68	C	86		1.059	92	A	60	?	1.084
21	A	7		2.041	45	C	34		2.129	69	A	51		1.131	93	C	95	x	1.023
22	C	40	x	1.408	46	C	43	x	1.580	70	C	90	x	1.093	94	A	57	x	0.894
23	C	41	x	2.232	47	A	4	?	1.846	71	B	74	x	1.009	95	C	83		1.247
24	B	20		2.354	48	A	12	?	0.977	72	A	61	x	0.864	96	A	55		1.078

presen 提示順序	RT (s) 平均	1.942	RT (s) 平均	1.223
RT (s) 反応時間	S.D	0.546	S.D	0.268
No. 試料図形	RT(s) 平均基本	1.348	RT (s) 平均ALL	1.582
Ans 判断 color			S.D ALL	0.555
青 () :基本図形と同じ 無色 (x) :基本図形と異なる			RT(s) 平均基本	1.082
黄 (?) :わからない 緑(99) :時間切れ				
base :基本図形 (A :ランガー桁橋 B :ローゼ桁橋				
C :ブレースドリブタイトアーチ橋)				
S.D :前半1~48の標準偏差 (No.1,17,37除く)				
S.D :後半49~96標準偏差 (No.49,65,85除く)				

表-14 主要素の存在検討表-1 (被験者 C)

操作要素	操作内容	操作要素略号	判断結果	判断結果による主要素の存在検討
リブ	三角		x x	リブ軸線のみが変化しているの、リブ軸線が主要素である
吊	斜	a		操作した吊材は主要素ではない
吊 + リブ	斜 + 三角	a	x x	操作した吊材は主要素でないことからリブ軸線が主要素である
吊	直斜	b		操作した吊材は主要素ではない
吊 + リブ	直斜 + 三角	b	x x	操作した吊材は主要素でないことからリブ軸線が主要素である

表-15 主要素の存在検討表-2 (被験者 C)

操作要素	吊材の存在	操作内容	操作要素略号	判断結果	判断結果による主要素の存在検討
吊	無	無	c	x ?	主要素である吊材が存在する
	有	直	A		吊材は主要素ではない
		斜	a		吊材は主要素ではない
		直斜	b		吊材は主要素ではない

7. まとめ

本論文では、個人が有する橋梁認知プロトタイプを特定する方法を分析表として整理し、その表を用いて橋梁技術者を対象に、ローゼ桁橋、ランガー補剛桁橋、ブレースドリブタイトアーチ橋について具体的な橋梁プロトタイプを特定することができた。

橋梁技術者という同じ属性ながら、実験で得られたデータは

表-16 準要素の存在検討表 (被験者 C)

判断結果	操作要素	操作内容	操作要素略号	時間変化		時間変化又は他の試料図形の回答結果の組合せにおける準要素の存在検討
				前半(s)	後半(s)	
	吊	斜	a	1.789	1.059	操作した吊材は置換した準要素である。
		直斜	b	1.445	1.392	他の吊材要素で、置換した準要素、主要素が特定されているので、操作した吊材は可換型の初期状態における準要素である。
		直	A	1.079	1.011	上記と同内容
	基	補剛桁		2.729	1.292	操作した基本構造は置換した準要素である。

時間変化に関して
[:長ゾーン 無色 基ゾーン :短ゾーン] 吊 吊材 基 基本構造

表-17 被験者 C の橋梁認知プロトタイプ

橋梁形式	ブレースドリブタイトアーチ橋
プロトタイプの型	可換型プロトタイプ
橋梁プロトタイプ	主要素 リブ軸線(円),吊材を有していること 準要素(初期状態を構成しない) 基本構造(補剛桁),吊材(斜) 準要素(初期状態を構成する) 吊材(直,直斜)

多様であり、特定した橋梁プロトタイプも様々であることが分かった。

8. 今後の課題

本研究では、同定に用いた橋梁プロトタイプを特定すること自体が目的であったため、分析表の作成においては、できるだけ論理的に欠落の無い構成にすることを目標としたために、分析補助表も含めて極めて大きな表となってしまった。構造デザインの教育や住民アンケートに用いることを想定すると、今後は橋梁プロトタイプを特定する目的によって、基本図形及び試料図形と捜査対象とする要素の設定手法を明らかにし、効率の良い分析ができるようにする必要がある。

また、今回提案した分析表を基に、データの収集から分析までをコンピュータ上で行えるシステムを作成し、インターネットを使った実験も行えるようにすることが考えられる。

さらに、(社)土木学会の田中賞及び景観・デザイン賞を受賞した橋梁エンジニアの橋梁プロトタイプが他の橋梁エンジニアと異なるか、異なる場合にはその違いについて分析することにより、優れた橋梁デザインを行うための橋梁の捉え方を示すことが期待できる。

謝辞

本研究では、反応時間の測定に和田裕一氏（東北大学情報科学研究科）が作成したプログラムを使用した。被験者として参加していただいた方々と合わせ、この場を借りて、感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 石井信行：構造物の視覚的力学，鹿島出版会，2003.
- 2) 岡本真和，天野光一，石井信行：構造形態が喚起する安定・不安定感の心理学実験による検討，構造工学論文集 Vol.44A，pp.575-580，1998.
- 3) 石井信行，臼倉 誠，鈴木美穂，行場次朗：視覚心理実験による橋梁の認知プロトタイプ存在の検討，構造工学論文集 Vol.50A，pp.303-313，2004.
- 4) 伊藤正男他編：認知科学の基礎，岩波書店，1995
- 5) 村田啓治，石井信行：柱状形態が喚起する安定・不安定感の心理学的実験による考察 Vol.45A，pp.579-588，1999.
- 6) 小林重順：建築デザイン心理学，彰国社，1977.
- 7) 杉山和雄：橋梁形態の観照と評価に関する基礎的研究，東京大学博士学位請求論文，1987.
- 8) 杉山和雄：橋の造形学，朝倉書店，pp.98～100，2001.
- 9) Reed, S. K.: Pattern Recognition and Categorization, Cognitive Psychology, 3, pp.382-407, 1972.
- 10) Posner, M. I., Goldsmith, R. & Welton, K. E., Jr.: Perceived Distance and the classification of distorted patterns, Journal of Experimental Psychology, 73, pp.28-38, 1967.
- 11) 伊藤正男他編：認知科学の基礎，岩波書店，1995.
- 12) 川人光男他編：視覚と聴覚，岩波書店，1994.

(2006年9月11日受付)