



Title	奥行き運動の2次元シミュレーションに対する時間知覚 : 時程評価の予期・対比モデルとの関連において
Author(s)	中島, 義明; 川村, 智
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1999, 25, p. 1-21
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/10234">https://doi.org/10.18910/10234</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

奥行き運動の2次元シミュレーションに対する時間知覚  
—時程評価の予期・対比モデルとの関連において—

中 島 義 明  
川 村 智

目 次

1. 序—3次元事象の2次元シミュレーションにおける知覚のひずみ
2. 実験1
3. 時間知覚に影響を与える諸要因と実験1の結果の解釈
4. 実験2
5. 仮説の直接的検証と予期・対比モデルの一般化
6. 実験3
7. 総合論議及び結論

## 奥行き運動の2次元シミュレーションに対する時間知覚

— 時程評価の予期・対比モデルとの関連において —

中島 義明  
川村 智1. 序—3次元事象の2次元シミュレーションにおける  
知覚のひずみ

写真、テレビ、映画など、3次元の事象を表現する2次元ディスプレイは、直接3次元の事象を観察する場合と異なる知覚をもたらす。例えば、テレビカメラに向かって差し出された手は、我々が期待する以上に大きく映し出される。一方、実際の3次元世界では、目に向かって直接差し出されてもこのような感覚を生じない。これは、大きさの恒常性といわれる知覚の優れたメカニズムの一つに関係する現象である。網膜についても一次的には写真やテレビと同様に2次元であり、3次元世界の網膜像は写真やテレビや映画のような映り方をしている。すなわち、差し出された手は網膜上では我々が感じる以上に大きいのである。しかし、我々の知覚システムは、その網膜像を補正して、観察する物体と目との距離に関らず同じ物体は同じ大きさに見えるようにしている。遠くの物体の網膜像を大きく、近くの物体の像を小さく補正する大きさの恒常性のプロセスである。このプロセスは、奥行き知覚に関する多くの手がかりによって支えられている。それは、両眼視差、調節・輻輳などの筋運動情報、線遠近、重なり、視野上の高さ、大気遠近、熟知した大きさなどの絵画的手がかりである。3次元世界をシミュレートした2次元ディスプレイでは、絵画的手がかり以外の奥行き知覚に関する手がかりが知覚システムによって用いられることができない。2次元ディスプレイの不自然さは、奥行き知覚の手がかりの重要な部分が欠けていて、網膜像が十分に補正されないために引き起こされる。さて、これらの不自然な知覚の体験は、大きさの知覚や距離の知覚に限って生じるのかどうかは明らかではない。同様の不自然な経験が、2次元ディスプレイが3次元世界の中の運動事象を表現する場合には、速度知覚や時間知覚においても観察しうるはずである。なぜなら、距離、速度、時間は互いに不可分に関係しているからである。本研究では、2次元ディスプレイにおける距離の知覚の錯誤が速度の知覚の錯誤をもたらす、これを原因として時間知覚の錯誤を引き起こすという仮説を提起し検証する。実験1ではまず、ある物体が観察者に向かってくるか、観察者が離れていくかの3次元の事象をシミュレートした2次元映像を被験者に観察させ、その事象

の主観的な持続時間が両条件間で異なって感じられることを示して、この現象を本論における議論の対象とする。

## 2. 実験1

### 目的

3次元における奥行き運動の2次元ディスプレイ上のシミュレーションにおいて、物体が近づく事態を表現した刺激と遠ざかる事態を表現した刺激とで、その運動の持続時間が異なって感じられることを確かめる。

### 方法

**装置** 刺激は NEC PC9801VM パーソナルコンピュータによって制御され、26cm (視角 $15^\circ$ ) $\times$ 16.4cm (視角 $9.2^\circ$ ) のスクリーンを持つ NEC PC TV451n カラーモニターに呈示された。視距離を1mで固定するため、あごのせ台を用いた。被験者の右目はアイマスクで覆い、刺激は左目による単眼で観察された。被験者の持続の再生は、コンピュータに接続された日本アセンブラ JAC タイマーボードにより測定され、コンピュータにより自動的に記録された。

**被験者** 22名の大学生及び大学院生が実験に参加した。年齢は20~23才で、全員実験遂行に支障のない視覚能力を有していた。

**刺激** 図1に示す通り、刺激は白い円がスクリーンの左端から右端、または右端から左端に運動するものであった。円の大きさは、運動に伴って変化し、スクリーンの左端では直径13mm (視角 $44.5'$ )、右端では2.5mm (視角 $8.3'$ ) であった。これは、ボールが等速度で被験者に対し斜めに運動する3次元事象をシミュレートするものであった。左から右に運動する円は観察者からボールが遠ざかっていく事象をシミュレートしたものであり、右から左に運動する円は、ボールが観察者に近づいてくる事象をシミュレートしたものであった。これらは3次元空間では等速度の運動をシミュレートしたものであるが、シミュレートされた運動の方向は被験者に対して斜めであるために、スクリーン上の運動速度は運動に伴って変化するものであった。背景に描かれている縦横のラインは物体が運動する3次元空間を表わすためのものである。

実験変数は、運動の方向、及び事象の持続時間（物体がスクリーンの一端に現れてからもう一端で消えるまでの時間間隔）であった。運動の持続時間は、0.75秒または1.50秒、運動方向は左から右（遠ざかる）または右から左（近づく）であった。

**手続き** 各試行においては、まずはじめに、直径4mmの円（視角 $14'$ ）がスクリーンの右端または左端に1秒間呈示された。これは、被験者に、ターゲットが現れて運動を開始する地点を知らせるための合図であった。この合図が消えてから2秒後に、刺激のうちの一つが呈示された。刺激が消えてから2秒後に、被験者に反応を求めるための合

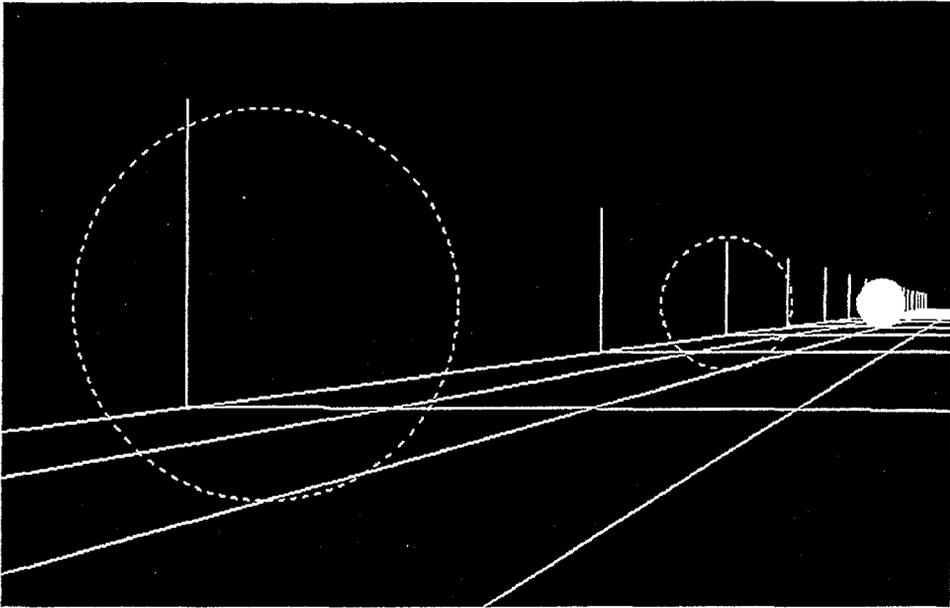


図1 実験1で用いた刺激呈示画面の縮小図

図として短いピープ音が鳴らされた。被験者の課題は、物体が現れてから消えるまでの感じられた時間間隔を、ボタンを押しつづける時間で再生することであった。被験者によってボタンが押されている長さはコンピュータにより自動的に記録された。

運動方向（近づく、または、遠ざかる）および運動の持続時間（0.75秒、または、1.50秒）の2つの要因によって定義される4条件の実験となった。1セッションは4条件の各々についての4試行からなるものであり、各被験者は、3セッション行った。セッション内の4条件の順序はランダムであった。実験セッションに先立って、各被験者は練習試行を1セッション行った。

### 結果と考察

各被験者について、4条件のそれぞれについて再生時間の平均を求めた。図2には全被験者を通した4条件の平均値を示している。各被験者の平均値について被験者内デザインの分散分析を行った。その結果、運動方向と持続時間の主効果は共に有意であった（方向： $F(1, 21) = 25.56, p < .01$ ；持続時間： $F(1, 21) = 368.58, p < .01$ ）。また、2要因間の交互作用は有意でなかった（ $F(1, 21) = 0.81, p > .1$ ）。これらの結果は、近づいてくる物体をシミュレートした事象の持続時間は、遠ざかっていく物体をシミュレートした事象の持続時間よりも短く感じられることを示している。

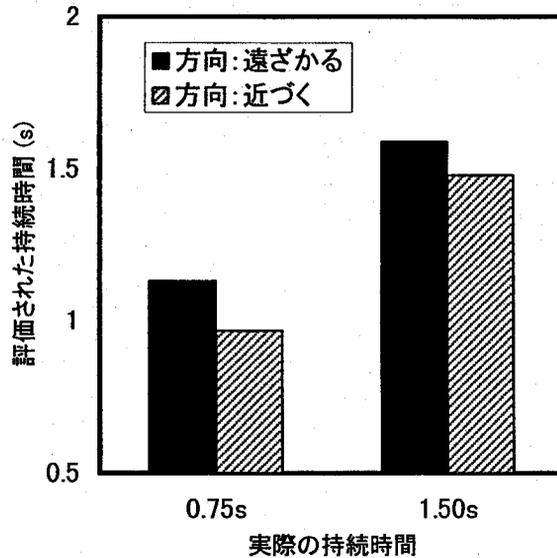


図2 運動方向の違いによる評価時間の変化

### 3. 時間知覚に影響を与える諸要因と実験1の結果の解釈

刺激の持続時間、あるいは2つの刺激の刺激間隔が物理的に同じでも、刺激の種類・様態により、また知覚する主体の身体的・心理的状态により、その時間が異なって感じられることについては多くの研究がある。つまり、例えば1秒という時間が常に同じ長さを感じられるわけではなく、長く感じられたり、短く感じられたりする。以下に、主観的時間に影響を及ぼす内的・外的要因についての先行の知見をまとめる。

#### 生理学的要因

比較的初期の研究から指摘されているのが、知覚する主体の生理的状态と主観的時間との関係である。時間知覚に及ぼす体温の効果 (Bell, 1965; Fox *et al.*, 1967; Baddeley, 1966) や薬物の効果 (Adam *et al.*, 1971) などの研究結果から、一般に主体の生理的活動状態が高いほど主観的持続時間が長くなる傾向にあるといえそうである。

#### 認知された刺激の数・量などの要因

主体の生理的状态以外で主観的時間の伸長に大きく影響を及ぼす要因としては、認知された刺激の数・量・強度等の要因が重要視され、研究・実験の数の上でも研究全体に占める割合は大きい。それらをまとめると、経過時間中の刺激が、より多い、より強い、より複雑、より大きい、より長い、より速い等と認知されるほど、その時間が心理的に

長く評価される、といえそうである。

### 時間の経過に対する注意（意識度）の要因

時間経過を意識すればするほど、心理的にその時間が長く評価されることを示す結果も多い。CurtonとLordahl (1974)、McKay (1977)は、同じ刺激事態でも時間の経過に注意を向けると、活動に向ける場合より、心理的時間は長くなることを示した。また、時間の評価をすると分かっているときのほうが分かっている場合より、経過時間の評価は長くなる (Block *et al.*, 1980; Brown, 1985; Hicks *et al.*, 1976) ことが示されている。ある出来事を待っている場合には心理的時間は長くなることは、一般にいわれることであるが、実験結果によっても証明され (Falk & Bindra, 1954)、これは時間経過に注意が集中するためであると考えられる。

### 課題に対する被験者の態度の要因

被験者の活動水準や動機付けの効果については、高い活動水準を要求する課題ほど、心理的時間は短くなる (Fraisse, 1984)、作業に対する動機付けが高いときほど、心理的時間は短くなる (Fraisse, 1984)、刺激が魅力的で適度に困難なものほど、心理的時間は短くなる (Fraisse, 1963, 1984; Zakay *et al.*, 1983) などの結果が示されている。

### 記憶量の要因

経過時間中の事象に対する記憶量と心理的時間の関係についても多くの研究があるが、他の要因に比べると結果の一致性に欠け、明確なことはいえない。事象の数・複雑さに対する記憶量が多いほど心理的時間は長くなる (Block, 1974; Burnside, 1971; Schiffman & Bobko, 1977; Sebel & Wilsoncroft, 1983) との結果が示されているが、一方で、刺激の記憶量と時間評価は関係ないとする実験結果も多い (Hogan, 1978; McClain, 1983; Block, 1986)。何をもちいて記憶量の指標とするかがまず問題とされよう。測定する記憶の内容が、時間の認知過程に密接に関わるものであるかどうかによって大きく結果が異なることが当然考えられるし、記憶を扱う場合に何より難しい点は、記憶の変容による効果である。刺激呈示時の処理過程（記銘過程）と、反応時の処理過程（再生過程）では、記憶の質、量とも異なるはずであり、さらに刺激呈示から反応までの時間をどう設定するかにより、まったく違った解釈が求められるかもしれないからである。

### 実験1の結果の解釈

時間に影響を及ぼすと考えられているこれらの要因、すなわち、生理的状态、刺激情報の認知されたあるいは記憶された量、時間経過への注意の度合いなどのどの要因が実験1の結果を説明できるかを考えてみる。まず、生理的状态に関してであるが、物体が近づいて見える場合と、遠ざかって見える場合とで生理的状态が異なるとは考えられな

い。刺激情報に関して認知されたあるいは記憶された量についてであるが、実験における遠ざかる物体をシミュレートした刺激と近づく物体をシミュレートした刺激とは時間軸に関して対称であるので、刺激変数の総量は共通である（たとえば、ターゲットの面積を時間で積分した値は2刺激間で同一である）。時間経過に対する注意の度合いは主観的時間に強く影響すると考えられてきた。しかし、運動の方向、例えば、運動が近づくか遠ざかるかということは、時間経過への注意の度合いを変化させないと考えられる。従って、上で述べたほとんどの要因は実験1の結果を説明することができない。

Jones と Boltz (1989) は、上述の要因に加えて時間知覚に影響を及ぼす要因として、事象の予測の要因を想定し、これに関連する時間知覚のモデルを提起している。“判断される時程の予期・対比モデル (expectancy/contrast model of judged duration)” と名づけられたこのモデルは、主観的持続時間は、予期された事象の終止時刻と、観察された終止時刻との対比によって影響を受けると仮定するものである。このモデルによれば、ある事象の全体の時程の知覚者の評価は、その事象の終止時間の予期に基づいているとされる。そして、事象の実際の終止時刻が、予期された終止時刻よりも早ければ、実際の持続時間は予期された持続時間よりも短くなり、この対比の結果として、事象の持続時間が短く感じられる。逆に、実際の終止時刻が予期された終止時刻よりも遅ければ、事象の持続時間が長く感じられる、とするものである。このモデルは、いくつかの刺激事象といくつかの測定方法によって確かめられている (Jones & Boltz, 1989; Jones *et al.*, 1993; Boltz, 1993)。

実験1における結果はこの予期・対比モデルの文脈で解釈可能であると考えられる。実験1で用いられた刺激は3次元空間で等速度の運動のシミュレーションであるが、2次元ディスプレイ上での対応する運動の速度は一定ではない。なぜなら、シミュレートされた運動は奥行き方向の運動だからである。すなわち、3次元空間で等速度で物体が近づく事象の2次元像は加速し、等速度で遠ざかる物体の2次元像は減速する。被験者は、運動を予測する際、観察した運動に基づいてその後に呈示される運動を予測すると考えられる。もし、奥行き知覚の手がかりが充分であれば、被験者は運動が等速度であると判断し、その後の運動を正確に予測できるだろう。しかし、2次元ディスプレイでは奥行き知覚の手がかりが欠けているために、被験者は運動を正確に予測できないだろう。加速運動においては、被験者は、事前の遅い運動の基づいて終止時刻を遅めに評価するだろう。減速運動においては、事前の速い事象に基づいて終始時刻を早めに評価するだろう。もしこの議論が正しいならば、実験1の結果は、予期・対比モデルによって説明できると考えられる。次の実験2では、被験者の運動予測が運動方向によって変化するかどうかを調べるために、物体がスクリーンの端に到達する前に消え、被験者が消えた物体の運動を予測して、物体が端に到達する時刻を予測する実験を行った。被験者が予測する到達時刻は、近づく物体において遅く、遠ざかる物体においては早くなることが予測される。

## 4. 実験2

### 目的

実験1の刺激事態において被験者が、運動の終止時刻を近づく物体において遅く、遠ざかる物体においては早く、予測をしていることを確かめる。

### 方法

**装置と被験者** 実験2における装置と被験者は、実験1とまったく同一であった。

**刺激** 実験2における刺激はターゲットの円がスクリーンの端に到達する前に消える点を除いて実験1と同じものであった。実験2では、実験1における0.75秒の持続をもつ刺激は、スクリーンの一端に現れた後0.55秒後に、もう一端に到達することなく消えた。実験1における1.50秒の持続をもつ刺激は、実験2においては刺激が現れてから1.10秒後に消えた。実際の到達時間（物体がスクリーン一端で現れてから、もしそれが消失せずに呈示され続けていた場合にスクリーンもう一端に到達するまでの時間間隔）は、それぞれ0.75秒および1.50秒である。0.55および1.10という値は、それぞれ0.75秒と1.50秒の11/15に相当する。11/15という比率は実験装置の制約により選択されたものであり、約2/3にする意図で選ばれた。刺激は実験1の刺激事態において、被験者がどのような予測をしていたかを調べるために用意されたものであるため、実験2においても、運動方向（近づく、または、遠ざかる）と実際の到達時間（0.75秒、または、1.50秒）の2要因で定義される4条件の実験とした。

**手続き** 実験1と同様、各試行ではまず、運動のスタート地点を被験者に知らせる円が呈示された。この合図の消失後2秒において、刺激のうちの 하나가呈示された。この刺激は、ターゲットがスクリーンの端に到達する前に消えた。被験者に求められた課題は消えたターゲットの運動を予測し、このターゲットがスクリーンの端に到達したと思われる時点で反応ボタンを押すことであった。ターゲットがスクリーンの一端に現れてから被験者のボタン押しまでの時間間隔が記録された。

実験は、運動方向（近づく、または、遠ざかる）及び実際の到達時間（0.75秒、または、1.50秒）の2要因によって定義される4条件となった。1セッションは、4条件をそれぞれひとつずつ含む4試行で構成され、各被験者は3セッションを行った。1セッション内の4条件はランダム順に呈示された。実験セッションに先立って、各被験者は1セッションの練習セッションが与えられた。

### 結果

各被験者について、到達予測時間（ターゲットが現れてから被験者がボタンを押すまでの時間間隔）の平均値を4つの条件毎に求めた。図3は全被験者を通した4条件の平均値である。各被験者の平均値について被験者内デザインの分散分析を行った。その結

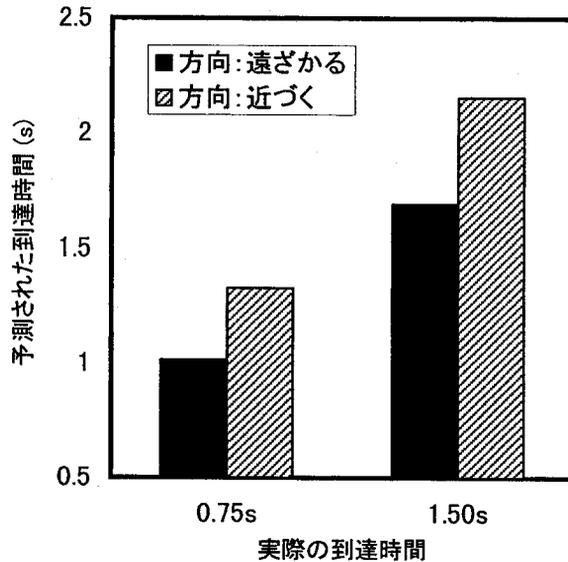


図3 運動方向の違いによる予測到達時間の変化

果、運動方向の効果、実際の到達時間の効果とも有意であった（方向： $F(1, 21) = 185.61$ 、 $p < .01$ ；到達時間： $F(1, 21) = 1011.46$ 、 $p < .01$ ）。また、2要因間の交互作用も有意であった（ $F(1, 21) = 9.524$ 、 $p < .01$ ）。交互作用が有意であったので、到達時間の各水準について方向の要因の単純主効果を調べた。その結果、いずれの到達時間条件においても、方向の効果は有意であった（0.75秒： $F(1, 21) = 61.04$ 、 $p < .01$ ；1.50秒： $F(1, 21) = 131.20$ 、 $p < .01$ ）。これらの結果は、近づく物体の到達時間は遠ざかる物体の到達時間よりも早く見積もられていることを示している。

実験2の結果は、2次元ディスプレイ上にシミュレートされた運動の方向（遠ざかるか近づくか）によって被験者の事象の予測、つまり、事象がある局面に到達する時刻の予測や、物体がある地点に到達する時刻の予測が、物体が遠ざかっていくように見えるときには早くなり、物体が近づいてくるように見えるときには遅くなることを示している。この結果は、実験1の結果と予期・対比モデルを組み合わせ導き出した予想と一致するものである。すなわち、主観的時間は、観察される事象が予測よりも遅くある局面に到達する場合には長くなり、予測よりも早く到達する場合には短くなるということである。ただし、図3に示されるように、近づく物体の刺激においても、遠ざかる物体の刺激においても、予測される到達時間は実際の到達時刻よりも遅い。これは一見期待される結果と反するものである。この結果はおそらく、被験者の心的判断と動作的な反応との反応時間遅れによるものであると考えられる。

## 5. 仮説の直接的検証と予期・対比モデルの一般化

さて、実験1と実験2の結果は、時程評価における予期・対比効果から予測されるものと一致する、すなわち、事象の終止時刻を早めに予測される刺激についてはその刺激の持続時間が長く感じられ、逆に終止時刻を遅めに予測される刺激については持続時間が短く感じられるという結果であった。しかし、予測と持続時間の評価の因果関係は明らかではない。つまり、運動の終止時刻の予測の変化が持続時間の評価を変化させたのかどうかは明らかではない。次の実験3はこの点を検討するために行われた。また、実験3に先だて、JonesとBoltz(1989)の予期・対比モデルを一般化した仮説を提起する。

JonesとBoltzの一連の研究において力点が置かれているのは、事象の終止時刻の予測ということである。しかし、日常我々が観察する事象は必ずしも、あらかじめその終止点を予測しうるものとは限らないし、また、終止点を予測しうる場面においてもその一点のみを予測の対象とするとは限らない。むしろ、外界の変化に対して、逐次予測を立て、実際の事象の推移に対応して予測を更新していくという連続的なプロセスの一局面として終止点の予測があると考えるのが妥当であろう。したがって、事象に対する時間評価という側面においても、事象の終止時刻に対する予測が時間評価に影響を及ぼすならば、事象の推移を逐次予測されるような場合においては、その推移への予測が継続的に時間評価に対して同様な影響をもつものと考えられる。そこで本研究ではJones & Boltz(1989)の仮説をさらに一般化して、事象の終止を予測する手がかりが与えられなくても、事象の推移に対する予測が主観的持続に影響をもたらすこと、具体的には、予測よりもゆっくりと推移する事象に対しては、主観的持続時間が長くなり、予測よりもはやく推移する事象に対しては主観的持続時間が短くなるとの仮説を提起し、実験的に検証する。この仮説のもつ意義や、Jones & Boltz(1989)の主張との相違点については、論議を通して明らかにしていく。

## 6. 実験3

### 目的と概要

実験3は、運動する物体についての持続時間の評価が事象の推移に対する被験者の予測によって変化することを直接的に検証するとともに、上に述べた仮説すなわち、事象の終止を予測する手がかりが与えられなくても、予測よりもゆっくりと推移する事象に対しては、主観的持続時間が長くなり、予測よりもはやく推移する事象に対しては主観的持続時間が短くなることを確かめることを目的として行われた。被験者に、CRT上で一定速度である距離を移動する光点(評価刺激)を観測させ、その事象の主観的持続時間を再生させた。それぞれの評価刺激を呈示する前に、評価刺激とは異なった速度で

移動する光点（順応刺激）を数回観察させた。これは、被験者に評価刺激の光点の移動に関して予測を形成させるための手がかりを与えるためのものであった。順応刺激の速度とそれに対する評価刺激の主観的持続時間の関係を求めた。

さらにこの実験は、運動の主観的持続時間に対する運動の終止点の呈示の有無の効果について調べることを目的として、2つのセッションに分けて行われた。セッション1では、事象の終止時刻に関する手がかりは与えられなかった。一方、セッション2では、運動が終止する点を運動の開始に先立って呈示することにより、運動の終止時刻に関する予測の手がかりを与えた。この終止点の呈示の有無を除いて実験事態は2つのセッション間で共通のものであった。もし、終止点の呈示（セッション2）によって、順応刺激の速度の効果が呈示しない場合（セッション1）よりも大きくなるなら、運動の終止時刻への予測がなされ、それによって主観的持続時間に影響が及ぼされたということになる。逆にもし、終止時刻の予測が主観的持続に対して効果がないなら、順応刺激の速度の効果の大きさは2つのセッション間で異なるはずである。

#### 方法

**装置** 刺激は、パーソナルコンピュータ（NEC PC9801VM）により制御され、26cm（視角約 $15^\circ$ ） $\times$ 16.4cm（約 $9.2^\circ$ ）の表示スクリーンをもつCRT（NEC PC-TV451n）に呈示された。主観的持続時間は、タイマーボード（日本アセンブラ JAC タイマーボードⅡ）により記録された。視距離を1mで一定にするため、あごのせ台を用いた。

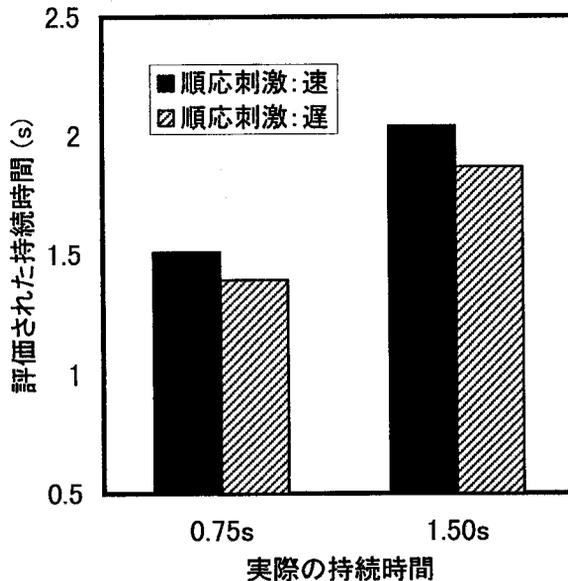


図4-A 順応刺激の速度の違いによる評価時間の変化  
（終止点の呈示あり）

**被験者** 大学生及び大学院生の男女22名が被験者となった。年齢は20～24才で、すべての被験者が実験遂行に支障のない視覚的・聴覚的能力を有していた。各被験者はセッション間に一日以上の間隔を開けて2つのセッションを行った。セッションの順序は被験者を半数に分け相殺した。

**刺激** セッション1における評価刺激は、まず、スクリーンの左側に垂直の線分（長さ：8.2mm、視角：約28′）が描かれ、2秒後にその線分の位置に円（ターゲット、直径：4.1mm、視角：約14′）が現れ、即座に右に向かって一定速度で移動し始め、121mm進んだところで消えるものであった。線分はターゲットの消失と同時に消失した。ターゲットの呈示時間、すなわち、121mmの移動に要する時間は、0.75秒と1.50秒の2種類であった。

順応刺激は、以下の点を除いて評価刺激と同様なものであった。順応刺激は、速度及び、移動距離が評価刺激と異なるものであった。速度については、2種類の評価刺激のそれぞれの速度の1/3のものと、3倍の速度のもの2種類のものを用意した。順応刺激の移動距離については後述する。

セッション2の刺激は、評価刺激、順応刺激とも、運動の終止点を呈示することにおいてのみセッション1の刺激と異なるものを用いた。つまり、各刺激において、ターゲットの呈示前に運動の開始点が呈示されると同時に、スクリーンの右側に運動の終止点を示す垂直の線分が描かれ、ターゲットがその終止点へ到達すると同時に、消えるようにした。終止点の線分の長さは開始点のそれと同じであった。ターゲットの大きさ、刺激

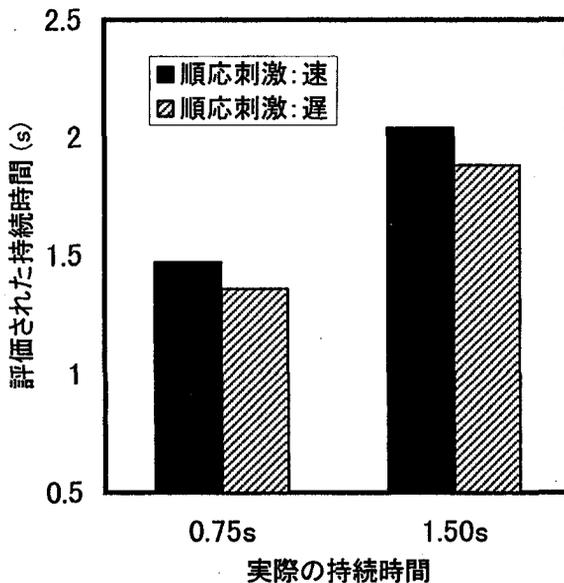


図4-B 順応刺激の速度の違いによる評価時間の変化  
(終止点の呈示なし)

の呈示間隔、ターゲットの移動距離、ターゲットの呈示時間の構成、順応刺激の構成はセッション1とまったく同じであった。

**手続き** 手続きは2つのセッションで共通であった。1試行は数回の順応刺激の呈示と、それに引き続く一回の評価刺激の呈示及びその持続の再生からなるものであった。まず、順応刺激が、2秒間のブランクをおいて複数回連続的に呈示された。呈示回数は、7から13の間でランダムに変化した。最後の順応刺激に引き続いて同じく2秒間のブランクをおいて評価刺激が呈示された。評価刺激の呈示後2秒間のブランクをおいてピープ音が鳴らされた。これは、被験者に反応を求める合図であった（従って被験者は評価刺激の呈示の後に初めて評価すべき刺激を知るものであり、順応刺激と評価刺激のすべてについて時間評価をする準備しなけりなかつた）。被験者は、評価刺激に対して、ターゲットが現れてから、消えるまでの運動の主観的な持続時間を、ボタンを押し続ける時間で表現することが求められた（再生法）。被験者の再生終了後、10秒の間隔をおいて次の試行が行われた。

上記のように、順応刺激は複数回呈示するが、移動距離は61mm～242mmの範囲で呈示毎にランダムに変化させた。移動距離をランダムに変化させた理由は、移動距離を一定にすると持続も一定になるため、予測を介さずに順応刺激の持続時間と評価刺激の持続時間との間で直接の対比効果を生じさせる可能性があるからである。

2つのセッションを通しての実験変数は、終止点の呈示の有無、評価刺激の移動時間（0.75秒又は1.50秒）、順応刺激の速度（評価刺激の速度の1/3又は3倍）であり8件の実験となった。1ブロックはこの各セッション内の4条件について1回ずつの試行からなつた。これらの4条件の呈示順序はランダム順であった。各被験者に対してまず実験の概要を説明し、練習試行として1ブロック行い、課題の理解の確認を行った。引き続き各被験者は3ブロック行った。ブロック間には、1～2分の休憩をはさんだ。

## 結果

記録された、再生時間（被験者がボタンを押し続けている時間）を、被験者毎かつ条件毎に、3ブロックを平均したデータについて分析を行なつた。図4-A、4-Bは全8件の全被験者の平均及び標準偏差をセッション別に示している。これらのデータに対して、2（評価刺激の持続時間）×2（順応刺激の速度）×2（終止点の呈示の有無）の被験者内デザインの分散分析を行った。

分析の結果、二次の交互作用（持続×速度×終止点の有無）は有意ではなかつた（ $F(1, 21) = 0.000$ ,  $p > .1$ ）。また、一次の交互作用はいずれも有意ではなかつた（持続×速度： $F(1, 21) = 0.941$ ,  $p > .1$ ；速度×終止点の有無： $F(1, 21) = 0.008$ ,  $p > .1$ ；持続×終止点の有無： $F(1, 21) = 0.708$ ,  $p > .1$ ）。主効果については、持続時間及び、順応刺激の速度の効果は有意であった（持続： $F(1, 21) = 762.481$ ,  $p < .01$ ；速度： $F(1, 21) = 37.630$ ,  $p < .01$ ）が、終止点の呈示の有無の効果は有意ではなかつた（ $F(1, 21) = 0.701$ 、

$p > .1$ )。

順応刺激の速度の効果が有意であったことは、順応刺激に速い速度の運動を与えられた方が、遅い速度の運動を与えられたときよりも、その後に呈示される運動に対する主観的持続時間が長くなることを示している。また、終止点呈示の有無×速度の交互作用が有意でなかったことは、順応刺激の速度が終止点の呈示の有無にかかわらず主観的時間の評価に同じ傾向の効果を及ぼすことを示している。これらの結果はすなわち、終止時刻の予測がなされえない事態においても、事象の推移に対する予測が主観的持続時間に効果をもつとする仮説を支持するものである。さらに、終止点の有無の主効果が有意でないことは、終止時刻の予測が主観的持続時間に対して効果をもたないことを示している。すなわち、順応刺激の速度によって評価刺激の主観的持続時間が変化したのは、Jones & Boltz (1989) の仮説で主張されているような予測された事象の終止時刻と実際の終止時刻との対比によるものではなく、予測された事象の推移速度と実際の推移速度との対比によるものであると考えられる。

## 考察

本実験において、順応刺激の速度によって評価刺激の主観的持続時間が異なることが示された。さらにこの効果は、事象の終止時刻を予測するための手がかりが明示されていなくても生じることが示された。これは、予測よりもゆっくりと推移する事象に対しては、主観的持続時間が長くなり、予測よりもはやく推移する事象に対しては主観的持続時間が短くなる、という仮説を支持するものであった。少なくとも本実験で用いたような事態においては、主観的持続に及ぼす予測の効果は、事象の終止時刻への予測の中に存在するものではないと結論することができる。

冒頭で述べたように、Jones & Boltz (1989) の仮説の力点は、事象の終止時刻の予測にある。その意図するところは、我々の環境の多くの事象が、開始点と終止点によって区切られており、その環境に適応するために、それぞれの事象の終止時刻を予測し、またその事象の持続を予測する必要がある、ということである。しかし、そのような文節化される事象のみに焦点を当てる必然性はない。むしろ、連続性をもって推移する環境に対して行動の方も連続性をもって対応していくという事態も含めて一般化し、その中の特殊なケースとして、文節化された事象を考えることが、妥当な捉え方であると思われる。この立場に立てば、本研究の実験で用いたような事態に対して、終止点の呈示の有無によって、主観的持続に与える予測の効果が変化しないことが了解される。刺激として用いたのは、光点の持続的運動という連続性をもった事象である。このような連続性をもった事象に対して行動を対応させていくには、終止点という特異な点に対する予測のみが優位になることはむしろ適切ではなく、事象の推移を逐次予測しながら行動の計画をたてる必要があると考えられる。その際に、予測された局面と実際の局面との時間的關係が逐次評価されるものと考えられることができるだろう。そして、その結

果として、予測と実際との推移速度の対比が主観的時間に影響を及ぼすものと考えられる。

## 7. 総合論議及び結論

### 実験結果のまとめ

本研究の目的は、3次元事象の2次元シミュレーションに対する心理的時間の錯誤について調べ、この錯誤が時程判断における予期・対比効果の文脈において解釈されうる効果であることを検証することであった。実験1では、物体が知覚者に近づいてくると見える事象をシミュレートした2次元ディスプレイ上での事象の持続時間は、知覚者から物体が遠ざかっていくことをシミュレートした事象の持続時間よりも短く評価されることが示された。この結果は、先行研究において主観的持続時間に関係することが示されているどの要因によっても説明することができない。この結果を説明しうる唯一の要因として、Jones & Boltz (1989) によって提起された、時程評価における予期・対比効果が考えられた。この仮説は、ある事象の実際の終止時刻が予期される終止時刻よりも遅ければ主観的時間は長くなり、逆に、実際の終止時刻が予測された終止時刻よりも早ければ主観的時間が短くなるというものである。実験2においては、物体がある地点に到達する時刻は、近づいてくる物体のシミュレーションにおいてよりも、遠ざかっていく物体のシミュレーションにおいて、早く評価されることが示された。この結果は、予期・対比モデルに一致するものであり、実験1の結果の意味を明らかにするものである。実験3では、事象の推移に対する被験者の予測によって事象の持続時間の評価に影響を与えることを示すために、被験者にあらかじめ事象の推移への予測を形成させてその直後に呈示される事象の持続時間を評価させた。その結果は、予測よりもゆっくりと推移する事象に対しては、主観的持続時間が長くなり、予測よりもはやく推移する事象に対しては主観的持続時間が短くなる、というものであった。また、その効果は、事象の終止点を呈示するか否かによって左右されないことも示された。このことは、事象の終止時刻の予測だけでなく、事象の推移への逐次的な予測が事象の持続時間に影響を及ぼすという、Jones & Boltz (1989) のモデルを一般化した仮説を支持するものであった。

### 問題点と課題

実験1の結果は、3次元空間における奥行き運動の2次元シミュレーションにおいて、一種の時間錯誤が生じることが明確に示された。実験2と実験3では実験1の効果を事象の予測との対比の仮説により説明することを試み、予想される結果を得たが、特に実験3の結果の解釈については先行研究との関係において議論が残る。

実験3の刺激として用いたような運動する視覚的対象において、運動速度が主観的持続時間に影響を及ぼすことを示す多くの報告がある。Bonnet (1968)、Rachlin (1966) は、

運動する刺激の速度が大きくなるほど、評価される時間は長くなるという結果を得ている（便宜的にこの効果をA効果とする）。逆に、Bonnet (1965)、Brown (1931)、松田 (1968) は、運動する刺激の速度が大きくなるほど、評価される時間は短くなるという結果を得ている（これをB効果とする）。実験3の結果をこれらA効果、B効果との関連で考察してみる。

A効果についてはまず、これが純粋に運動速度の効果なのかどうか問題となる。一定の持続時間を持つ運動では、運動速度と運動距離は比例的に増減する。従って、主観的持続時間の増減をもたらすものが運動速度によるものなのか、運動距離によるものなのか不明である。運動速度のみの効果を取り出す試みとして、田山 (1981、1996) は、複数の対象が同時に運動するような刺激についてその運動速度を変化させて時間評価を測定し、運動速度が大きいほど主観的な運動時間が長くなるという結果を得ている。このような結果について田山 (1996) は、評価される時間における刺激の変化の大きさが時間評価を決定づけるものであるとして議論している。

さて、このようなA効果と、実験3で得られた結果との関係はどうであろうか。実験3では、評価する刺激の運動時間が一定である場合には、主観的持続時間は事前に呈示される順応刺激の運動速度によって変化し、順応刺激の速度が大きいほど評価刺激に対する主観的持続時間が長くなるという結果を得た。これは、順応刺激と評価刺激の相対的な速度関係でいうと、評価刺激の速度が順応刺激の速度に対して大きいほど、主観的持続時間は短くなるというものである。この結果は、運動速度が大きいほど主観的な運動時間が長くなるというA効果とは逆の関係にある。従って、実験3の結果をA効果によって直接説明することはできない。実験3と田山 (1981、1996) の実験とでは、刺激の運動速度などの変数が異なるばかりでなく、評価する刺激そのものの運動速度を操作するか、事前に与えられる順応刺激の運動速度を操作するか、という方法上の大きな違いがあり、それぞれの仮定から直接に相互の結果について説明を加えることは難しい。

Matsuda (1974) は、A効果が得られている研究とB効果が得られている研究との実験事態の違いを分析することによって、被験者が運動時間を評価する上で、運動の属性のうちの運動速度を手がかりとする態度をもつか、運動距離を手がかりとする態度をもつかによって速度の効果の方向が決定される、とするモデルを提起し、実験的に検証している。彼女の実験によれば、運動速度が一定で運動時間が運動距離の増減によって変化する刺激系列間では、運動速度がより遅い系列において時間が長いと評価され、逆に、運動距離が一定で運動時間が運動速度の増減によって変化する刺激系列間では、運動距離がより長い（運動速度がより大きい）系列において時間が長いと評価されることが示された。この結果は、運動距離を手がかりとする態度を形成すれば、運動速度の増大により主観的持続時間が長くなり、運動速度を手がかりとする態度を形成すれば、運動速度の増大によって主観的持続時間が短くなることを示すものであり、A効果、B効果を

統合的に説明するものである。このような逆の関係にある2種の効果が現れる原因については、運動距離を手がかりとする場合には、運動速度と比例関係にある運動距離の増大に伴って知覚される刺激量が増大することで主観的持続時間を長くさせ、速度を手がかりとする場合には、速度と時間との間にある概念上の反比例関係に基づいて主観的持続時間を短くさせる結果であると解釈されている。このことは、B効果が、時間・空間の概念が発達している大人においてより顕著に現れるという Matsuda (1974) の結果とも整合するものである。

さて、Matsuda (1974) の報告の中で、運動速度を手がかりとする態度を形成させる事態における結果は、本研究の実験3の結果と特に深く関連するものである。本研究における順応刺激と評価刺激との間の一貫した関係は運動速度の違いであり、これによって被験者に運動速度をもとにした事象の推移予測を形成させるものであった。これは、Matsuda (1974) が指摘するところの、運動速度を手がかりとする態度を形成させることと内容的に一致するものである。そして、その結果においても、順応刺激に対する評価刺激の相対的な速度の関係という観点で考えた場合、運動速度を手がかりとする態度を被験者に形成させるとき運動速度がより大きい場合に運動時間が短く評価されるという Matsuda (1974) が示した B 効果と一致する方向の効果を示している。従って、本研究の結果も、「事象の推移への予測」という原理ではなく、「運動速度を手がかりとする態度」及び「時間-空間-速度の相互関連」という原理に基づいて説明することも可能である。すなわち、運動速度を手がかりとする態度が形成され、速度と時間との反比例関係の概念に基づいて順応刺激に対してより運動速度の大きい標準刺激の運動時間が短く評価されたという説明である。しかし、逆に、B 効果一般について「事象の推移への予測」という原理に基づいて説明することも同様に可能である。この点を明らかにするには、さらなる実験によって検討されなければならない。

## 結論

前節で議論したように、結果の解釈における予期・対比モデルとの関係については今後検証されなければならないが、3次元事象をシミュレートした2次元ディスプレイにおいて体験される不自然さは、少なくとも部分的には、奥行き知覚の手がかりの欠損に基づいた時間知覚の錯誤に起因するものであることが示唆される結果が得られた。人間の2次元ディスプレイの知覚について論じる際には、距離や速度の次元だけでなく、時間の次元も考慮しなければならないと考えられる。

## 引用文献

- Adam, N., Rosner, B. S., Hosick, E. C., & Clark, D. L. 1971 Effect of anesthetic drugs on time production and alpha rhythm. *Perception & Psychophysics*, 10, 133-136.

- Baddeley, A. D. 1966 Time-estimation at reduced body temperature. *American Journal of Psychology*, 79, 475-479.
- Bell, C. R. 1965 Time estimation and increases in body temperature. *Journal of Experimental Psychology*, 70, 232-234.
- Block, R. A. 1974 Memory and experience of duration retrospect. *Memory & Cognition*, 2, 153-159.
- Block, R. A. 1986 Remembered duration: Imagery processes and contextual encoding. *Acta Psychologica*, 62, 103-122.
- Block, R. A., George, E. J., & Reed, M. A. 1980 A watched pot sometimes boils. A study of duration estimation. *Acta Psychologica*, 46, 81-94.
- Boltz, M. G. 1993 Time estimation and expectancies. *Memory & Cognition*, 21, 853-863.
- Bonnet, C. 1965 Influence de la vitesse du mouvement et de l'espace parcouru sur l'estimation du temps. *L'Annee. Psychologique*, 65, 357-363.
- Bonnet, C. 1968 Le role des changements continus et discontinus dans l'estimation de la duree d'un mouvement. *L'Annee. Psychologique*, 68, 347-356.
- Brown, J. F. 1931 On time perception in visual movement fields. *Psychologische Forschung*, 14, 233-248.
- Brown, S. W. 1985 Time perception and attention: The effects of prospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception & Psychophysics*, 38, 115-124.
- Burnside, W. 1971 Judgment of short time intervals while performing mathematical tasks. *Perception & Psychophysics*, 9, 404-406.
- Curton, E. D., & Lordahl, D. S. 1974 Effects of attentional focus and arousal on time estimation. *Journal of Experimental Psychology*, 103, 861-867.
- Falk, J. L., & Bindra, D. 1954 Judgment of time as a function of serial position and stress. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 279-282.
- Fox, R. H., Bradbury, P. A., & Hampton, I. F. G. 1967 Time judgment and body temperature. *Journal of Experimental Psychology*, 75, 88-96.
- Fraisse, P. 1963 Perception et estimation du temps. In Fraisse, P., & Piaget, J. (Eds.) *Traite de psychologie experimentale. IV: La perception* Paris: Presses Universitaires de France. (岩脇三良訳 1971 現代心理学IV 知覚と認知 白水社)
- Fraisse, P. 1984 Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, 35, 1-36.
- Hicks, P. E., Miller, G. W. 1976 Transfer between time judgments of various durations as a function of information feedback. *American Journal of Psychology*, 89, 303-310.
- Hogan, H. W. 1978 A theoretical reconciliation of competing views of time perception. *American Journal of Psychology*, 3, 117-128.
- Jones, M. R., & Boltz, M. G. 1989 Dynamic attending and responses to time. *Psychological Review*, 96, 459-491.
- Jones, M. R., Boltz, M. G., & Klein, J. M. 1993 Expected endings and judged duration. *Memory & Cognition*, 21, 646-665.
- 松田文子 1968 時間・空間及び速度評価発達の研究 I 心理学研究、39, 57-66.
- Matsuda, F. 1974 Effects of space and velocity on time estimation in children and adults. *Psychological Research*, 37, 107-123.

- McClain, L. 1983 Interval estimation: Effect of processing demands on prospective and retrospective reports. *Perception & Psychophysics*, 34, 185-189.
- McKay, T. D. 1977 Time estimation: Effects of attentional focus and a comparison of interval conditions. *Perceptual & Motor Skills*, 45, 584-586.
- Rachlin, H. C. 1966 Scaling subjective velocity, distance, and duration. *Perception & Psychophysics*, 1, 77-82.
- Schiffman, H. R., & Bobko, D. J. 1977 The role of number and familiarity of stimuli in the perception of brief temporal intervals. *American Journal of Psychology*, 90, 859-3.
- Sebel, A. J., & Wilsoncroft, W. E. 1983 Auditory and visual differences in time perception. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 295-300.
- 田山忠行 1981 時間評価に及ぼす空間的諸影響. 日本心理学会第45回大会発表論文集、p180.
- 田山忠行 1996 運動パターンの時間評価 松田文子・調枝孝治・甲村和三・神宮秀夫・山崎勝之・平伸二編 心理的時間—その広くて深いなぞ、Pp. 101-116.
- Zakay, D., Nitzan, D., & Glicksohn, J. 1983 The influence of task difficulty and external tempo on subjective time estimation. *Perception & Psychophysics*, 34, 451-456.

## Time perception for a 2-D display simulating a movement in depth

Yoshiaki NAKAJIMA and Satoru KAWAMURA

The purpose of this study was to investigate the distortion of subjective time for a 2-D simulation of a 3-D event and to examine that this distortion can be interpreted within the context of an expectancy/contrast effect of duration judgment. In Experiment 1, it was found that the temporal duration of a 2-D display simulating the object coming toward a perceiver was perceived to be shorter than that simulating the object going away from the perceiver. This result can not be explained by any factors that the previous studies have reported affect subjective time. It was assumed, in this study, that this effect could be explained by an expectancy/contrast model of duration judgment proposed by Jones & Boltz (1989). This model hypothesizes that subjective duration is lengthened when the actual ending time of an event is later than the expected ending time and, conversely, subjective duration is shortened when the actual ending time is earlier than the expected ending time. In Experiment 2, it was found that the time that an object reached a certain position of the display was estimated to be earlier in the simulation of a going object than in the simulation of coming object. This result is consistent with the expectancy/contrast model and clarifies the meaning of the result of Experiment 1. In Experiment 3, subjects estimated the duration of an event after they were forced to form the expectancy for the change of the event, to illustrate that subject's expectancy for the change of an event affect the estimation of the duration of the event. The result showed that subjective duration were lengthened for the event which changed more slowly than subjects expected and were shortened for the event which changed faster than they expected. Further, this effect did not depend on whether the ending position of the event was presented in advance or not. This result supports the generalized version of the model of Jones & Boltz (1989) that not only the expectancy for the ending time of an event but the perpetual expectancy for the change of the event also could affect subjective duration of the event.