OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	時間評価の認知過程 : 作業記憶の役割
Author(s)	篠原, 一光
Citation	大阪大学人間科学部紀要. 1996, 22, p. 71-94
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/3600
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

時間評価の認知過程　－作業記憶の役割－

篠　原　一　光

目　次

1．心理的時間研究における用語法、方法論、概念
　1．1　時間評価の方法
　1．2　時間情報処理と非時間情報処理
2．時間情報処理の認知的特性
　2．1　時間情報処理間の干渉
　2．2　時間評価パラダイム
3．時間評価と非時間的課題の同時的遂行
4．時間評価における作業記憶の役割
5．実験
　5．1　方法
　5．2　結果
　5．3　考察
6．結論

時間評価の認知過程　－作業記憶の役割－

篠原　一光

心理的時間、それに基づく時間知覚・時間評価についての研究は古くから行われており、多くの知見が蓄積されてきている。体温、覚醒といった生理的条件や、時程中に呈示される刺激の強度、記憶に保持される情報量、注意配分、与えられる課題の処理量などの認知的条件など、様々な条件が時間知覚・時間評価に影響を及ぼすことが明らかにされてきた。

本稿では、特に時間評価における種々の認知的過程の役割について論議する。最初に心理的時間研究における用語、方法論、概念について整理する。次に、注意、記憶、変化、時程の分割などの認知的・知覚的過程が時間評価に及ぼす影響について、先行研究の諸知見を概観する。最後に、時間評価実験への作業記憶の概念の導入を試みる。作業記憶理論では、符号化された情報は、それぞれ異なる下位記憶システムで保持・処理されると考えられている。Baddeley（1990）によれば、言語材料の保持・処理はそれぞれ、音韻ループ（phonological loop）内の音韻貯蔵と構音コントロール過程で行われる。この音韻ループの時間評価における役割に関する実験を報告する。

1．心理的時間研究における用語法、方法論、概念

本稿での論議をすすめるにあたって、過大評価、過小評価といった用語法や、言語評価・再生・作成・比較といった時間評価の方法、また心理的時間の研究に特有な概念について整理を行う。心理的時間の研究においてはその方法論が結果を大きく左右し、また結果を表現する用語がデータの解釈を誤らせやすいからである。特に結果の解釈については、先行研究の中にも混乱が見られる（Hicks, Miller, & Kinsbourne, 1976）。

1.1　時間評価の方法

時間評価に用いられる方法としては、次のようなものがある。

1．言語評価（verbal estimation）　　2．作成（production）

3．再生（reproduction）　　4．比較（comparison）

言語評価は、被験者が経験した時程の長さを時分秒といった常用時間単位で表現する方法である。作成は、実験者が常用時間単位で、ある長さの持続時間を教示し、被験者はその長さの時程を作り出すというものである。再生は経験した時程の長さを、言語的に表現するのではなく実際になんらかの方法で再現するものである。比較は、第一刺激としてある時程が呈示され、それに対して経験した時程の持続時間を相対的に表現するものである。

時間評価における認知的過程の効果を調べようとする場合には、時程中になんらかの実験的操作を行い、この操作によって経験した時程の持続時間の評価がどのように変化するかを調べる、という方法を用いる。用いる方法により、時間評価の変化と解釈の関係が変化する。これについて松田（1985）が整理しているが、本稿においても各時間評価法における結果とその解釈について、また各評価法において「過小評価（underestimation）」と「過大評価（overestimation）」という用語が示す結果について簡単にまとめておく。

言語評価と再生は、時程を経験してから評価を行うという点では同一である。時程中に行った実験的操作によって評価時間が長くなった場合、被験者の主観的な持続の長さ（心理的時間）はその操作により長くなったと解釈される。この場合、「時程は過大評価された」と表現される。逆に実験的操作により評価時間が短くなった場合、心理的時間は短くなったと考えられ、「時程は過小評価された」と表現される。

作成法では、結果として得られる評価時間の変化と心理的時間の変化との関係が、言語評価・再生とは逆になる。時程の作成中に行った操作によって作成時間が長くなった場合、その操作によって心理的時間の経過が遅くなったと考えることができる。つまり、教示された長さの時間が客観的に経過した時点では、主観的には（心理的時間においては）教示された時間にまだ達していないと考えられる。従って、作成時間が長くなったという結果は、被験者の心理的時間が短くなったことを意味する。作成時間が長くなった場合を「過大評価」、作成時間が短くなった場合を「過小評価」とするのが自然である。しかし、「過大評価」について見ると、「過大評価」は言語評価・再生では心理的時間が長くなることをさし、再生法では心理的時間が短くなることをさすというように、同じ表現が方法により全く逆の結果を意味することには注意が必要である。

1.2　時間情報処理と非時間情報処理

上述したように、時程の経験中あるいは作成中に何らかの課題を被験者に遂行させ、この遂行による時間知覚・時間評価の変化をみる、という方法が用いられる。時程中に行われる操作が時間についての処理・判断を求めない課題である場合、この課題を非時間課題（nontemporal task）と呼ぶ。また時間についての処理・判断を含む課題、あるいは時間知覚・時間評価そのものを時間課題（temporal task）と呼ぶ。また、それぞれの課題において行われる情報処理を、非時間情報処理、時間情報処理と呼ぶ。心理的時間に対する注意の効果や、非時間的課

題の処理要件、処理時間、処理資源特性による心理的時間の変化を調べようとする研究では、時間知覚・時間評価はこの2つの情報処理過程の出力を統合したものに依存するとされたり（例えばThomas & Weaver, 1975）、あるいは時間情報処理が時間知覚・時間評価の基礎となるが、非時間情報処理により時間情報処理は影響を受けると考えられている（Hicks, Miller, Gaes, & Bierman, 1977 ; Zakay, 1989）。

2．時間情報処理の認知的特性

2.1 時間情報処理間の干渉

時程を経験している間に注意を時間の経過に向けると、時間経過に注意を向けない場合に比べてその時程の持続時間はより長く評価される。これは多くの先行研究で共通して得られている知見である。一方、ごく短い時程について判断を行う場合には、評価時間と注意の関係が逆になることが知られている（Thomas & Cantor, 1975, 1976 ; Poynter & Homa, 1983など）。いずれにしてもこれらの結果は、時間の経過への処理資源配分が時間情報処理に影響することを示している。

多重資源理論によれば、意識的な認知過程には処理資源の配分が必要である。処理資源は単一の性質を持つのではなく、遂行される課題の処理特性によって異なる資源プールからの処理資源を必要とする。Wickens(1980, 1984) は、処理資源特性の次元として、(1) 情報処理段階（知覚・中枢処理・反応)、(2) 入力モダリティ（視覚的・聴覚的)、(3) 情報処理に用いられるコード（空間的視覚的コード、言語的コード）があることを主張した。このモデルでは、二重課題事態において各課題が別の資源プールを用いるものであれば課題間の干渉は起こらないか、課題間の干渉は小さいことを予測する。

時間情報処理が意識的な認知過程であることを示すためには、非時間課題における処理要件の変化に伴って時間知覚・時間評価が変化することを示せばよい。しかし多重資源理論に基づくならば、時間情報処理が用いる処理資源と、同時的に遂行される非時間的情報処理が用いる処理資源が異なり、時間知覚・評価が非時間情報処理の影響を受けないことも考えられる。複数の時間情報処理の同時的遂行によって各時間情報処理の結果である時間知覚・時間評価が変化するか否かを調べることにより、この問題が回避される。

Brown & West(1990) は、1～4個の呈示時間が異なる視覚刺激を同時的に、また呈示開始・終了の時点をずらして呈示した。すべての刺激呈示が完了した後に、これらの刺激のうちの一つを指定し、被験者にその呈示時間を再生法で評価するように求めた。この実験では、視覚刺激の数が増えるほど呈示時間の評価は不正確になるという結果が得られた。またBrown, Stubbs, & West(1992) はBrown & West(1990) と同様の方法を用いて、注意する視覚刺激の数が多くなると客観的持続時間に対する評価時間の関数の傾きが小さくなることを示した。これらの実験では、被験者は複数の視覚刺激の呈示時間に対して注意を配分し、複数の時間情

報処理を同時的に遂行している。時間情報処理が意識的認知的過程であれば、これらの時間情報処理は当然同一の資源プールを用いる。従って、これらの研究で見られた時間評価に対する注意の効果は、時間情報処理が注意資源を必要とする意識的認知過程であることを示すものである。

2.2 時間評価パラダイム

被験者の時間への注意を操作するために、2つの時間評価パラダイムが用いられる。その一つは被験者が時程を経験する前に、後でその時程に関する判断・評価が求められることを教示するというものである。この場合の時間評価をprospectiveパラダイムによる時間評価と呼ぶ。prospectiveパラダイムでは、被験者は時程を経験している間に時間経過に対して注意を配分して時程の長さを計測しようとするであろう。もう一つの時間評価パラダイムは、後で時間についての判断・評価を求めることを知らせずに時程を経験させ、時程終了後に時間評価を求めるというものである。この場合の時間評価をretrospectiveパラダイムによる時間評価とよぶ。被験者は時程を経験している間には時間経過に対してほとんど注意を配分しないだろう。両パラダイムでは時間に対する注意配分が異なっており、各パラダイムにおける時間評価の依存する認知的過程は異なっていると考えられる。

1秒以上の時程に対するprospectiveパラダイムでの時間評価では、時程中に遂行される課題の困難さが増大すると心理的時間は短くなり、再生法による評価時間は短くなり、作成法による評価時間は長くなる。一方、retrospectiveパラダイムでは、時程中に遂行される課題の処理要件の増大や処理の深さは、時間評価に影響を及ぼさない（Hicks et al. 1976； McClain, 1983)。またprospectiveパラダイムにおける評価時間と同時的課題遂行の関係とは逆に、時程中の課題における情報処理量の増大に伴って評価時間が長くなるという結果が得られている（Ornstein, 1969； Underwood & Swain, 1973)。またBrown(1985)やBrown & Stubbs(1988)は、retrospectiveパラダイムにおいてもprospectiveパラダイムによる時間評価と類似した結果を得て、両パラダイムが同じ心理的時間測定機構に依存していると主張している。しかし時間評価における注意配分や非時間課題の処理要件の効果はパラダイムによって異なるという結果のほうがより一般的である。

prospectiveパラダイムでは注意資源の配分を必要とする時間情報処理が時間評価の基礎となる。一方、retrospectiveパラダイムでは時程の間に記憶に貯蔵された情報やその処理量、また時程中に起こった変化の記憶が時間評価の基礎となるようである。Ornstein(1969) は、時程中に記憶に蓄積された情報量に基づいて持続が評価され、蓄積された情報量が多いほど持続は長く評価されるとする蓄積容量仮説を提唱した。蓄積容量仮説を支持する知見が得られる一方で（Block, 1974, 1978； Schiffman & Bobko, 1974)、これを支持しない研究も多数報告されている（例えばMcClain, 1983； Block, 1986, 1992)。retrospectiveパラダイムによる時間評価は記憶過程に基づくものであるが、この記憶過程は単なる蓄積容量ではなく、時程中に経験

される何らかの変化の記憶であるようだ。Block & Reed(1978) は、時程中一定の処理水準で処理を行う条件と、浅い処理と深い処理を交互に行う条件では、retrospectiveパラダイムによる時間評価は後者でより長くなることを示した。処理水準の切り替えは処理文脈の変化であり、Blockらはretrospectiveパラダイムにおいてこの認知的文脈の変化が多いほど時程が長く評価されると主張した。

蓄積容量仮説や認知的文脈変化による説明は、prospectiveパラダイムにおける時間評価の結果も説明しうるだろうか。Ornstein(1969) は、時程中に呈示された刺激を意味づけるような符号化手がかりを与えると、手がかりが与えられない場合に比べて持続時間はより短く評価されるという結果を得た。これは符号化手がかりが与えられることによって刺激情報がより効率的に符号化され、より小さな蓄積容量で保持されるためと考えられた。この知見に基づいて、Berg(1979) は図形のアニメーション映像を被験者に観察させ、その図形の動きの意味についての手がかりを与えることでprospectiveパラダイムによる時間評価が短くなることを示した。しかしBergの実験では蓄積容量が減少したことを示す指標は示されていない。符号化手がかりによって刺激の意味を解釈しようとする非時間的処理が活発になり、より多くの処理資源を要求したため時間評価が短くなったという解釈も可能である。また他の研究 (Poynter & Homa, 1983 ; Block, 1992) では、蓄積容量に差がないことが仮定される2条件間でprospectiveパラダイムによる時間評価が異なるという知見も得られている。従って、prospectiveパラダイムによる時間評価結果を蓄積容量により説明するのは困難であるといえる。

認知的文脈変化モデルでは、prospectiveパラダイムにおいては、時間に注意を向けたときの非時間課題の処理についての情報が時間タグとして符号化され、この時間的タグの検索が時間評価の基礎となるとされる (Block, 1992)。この時間タグは時間的文脈変化と呼ばれる。またPoynter & Homa(1983) とPoynter(1989) は認知的文脈変化モデルに類似した、時程の分割によって時間評価を行うとする分節モデルを提案している。このモデルによれば、prospectiveパラダイムでは被験者は持続を記憶しやすい大きさに分節しようとし、その分節の大きさは時程の客観的な長さによるとされる。またこれに類似して、Getty(1976) は、被験者が持続時間の作成を行う場合に作成方略としてカウンティングを行うのは、時程全体を一つのまとまりとして作成するよりも、作成しようとする時程を幾つかの小さな時程に分け、その小さな時程をくり返し作成するほうが最終的な作成時間の変動を小さくできるためであるとしている。

文脈変化モデルや分節モデルはprospectiveパラダイムにおいても結果をよく説明するようである。その説明原理は時間情報処理と非時間情報処理の二重課題事態として時間評価課題を捉える注意モデルと似ている部分がある。例えば、Hicks et al. (1977) やZakay(1989) の注意モデルでは、時間情報処理は主観的時間単位 (subjective time unit:STU)の認知タイマーへの蓄積として説明される。STUの蓄積という概念は、文脈変化モデルにおける時間タグあるいは分節モデルにおける分節数の検索という概念に類似していると思われる。ただし、注意モデルと文脈変化モデルでは、時間情報処理と非時間情報処理の関係の捉えかたの点で異なっ

ている。注意モデルが非時間情報処理とは独立して時間を測定するペースメーカー的時間情報処理過程を想定するのに対し、変化モデルは変化から独立した時間情報処理を仮定せず、非時間情報処理における変化の数によって主観的な時間の経過を測定しようとしている。

以上の概観から、prospectiveパラダイムの時間評価においては、時程の持続を計測する時間情報処理過程と、この過程に影響しうる非時間的情報処理過程が用いられると考えられる。時間情報処理過程は、注意配分、記憶での処理といった認知的過程と心理的時間の関係を説明するという範囲においては必ずしも非時間情報処理過程から独立したペースメーカーと考える必要はない。これはペースメーカー的に時間測定を行うが、処理を行うのに処理資源の配分を必要とし同時的な非時間的処理の影響を受けるものと考えられる。次節では非時間課題の要求する処理資源と時間情報処理が要求する処理資源について考察する。

3．時間評価と非時間的課題の同時的遂行

本節では、先行研究の中で用いられてきた非時間的課題の要求する処理資源の特性と、非時間課題の処理要件の増大とprospectiveパラダイムによる時間評価の関係について整理する。

先行研究では、計算課題（Burnside, 1971）、トラッキング課題（Brown, 1985）、両耳分離聴取を用いた選択的注意課題（Brown, 1985； Tsao, Wittlieb, Miller, & Wang, 1983）、カード分類（Hicks et al., 1976, 1977）、言語リハーサル課題（Hicks et al. 1977）、ストループ課題（Zakay, 1989, 1993； Zakay & Fallach, 1984）、単純な視覚・聴覚刺激の強度の弁別（Grondin & Macar, 1992； Macar, Grondin, & Casini, 1994）、単語刺激に対する異なる処理水準での処理（McClain, 1983； Zakay, Nitzen, & Glickson, 1983）など、多様な課題が用いられている。先行研究のほぼ全てにおいて、非時間課題の処理要件の増大により、再生法を用いる場合には時程はより短く評価され、作成法を用いる場合には時程はより長く評価されるという結果が得られている。前節で紹介したWickensの多重資源理論による処理資源の分類に基づくと、これらの課題のほとんどは中枢処理を必要とするものである。またトラッキング課題のように運動的反応を必要とするものもある。また刺激呈示において視覚モダリティと聴覚モダリティの両方が用いられている。ストループ課題のように空間的・視覚的コードが処理に用いられる課題と、言語リハーサル課題のように言語的コードが処理に用いられる課題の両方がある。すなわち、多重資源理論が仮定する処理資源のすべての次元で、時間情報処理と非時間情報処理の干渉が生じるようである。時間評価で用いられる処理資源は、単一資源理論（Kahneman, 1973）が仮定するようなすべての種類の課題において要求されるような共通的資源であるように思われる。

時程中に呈示される刺激量が多いほど持続時間が長く評価されるという知見も得られている（Thomas & Cantor, 1975；Thomas & Weaver, 1975）。これは充実時程錯覚（filled duration illusion：FDI）と呼ばれる現象である。ごく短い持続の範囲では、時程内に非時間的な情報が

呈示されたり非時間課題の遂行が要求されるような充実時程のほうが、時程内での非時間的処理が求められない空虚時程よりも長く評価されるというものである。Thomas & Weaver（1975）は時程についての時間の処理系と刺激情報の処理系という2つの独立した処理過程を考えた。加重平均モデルと呼ばれる彼らのモデルでは、それぞれの処理系への注意によって各処理系の出力が重みづけられ、その出力の加重平均が心理的時間として形成されるとしている。

持続時間の長さによって非時間的課題の時間知覚・時間評価に及ぼす効果が異なるのは、非時間課題において行われる処理の違いによると考えられる。FDIについての研究では、評価対象となる時程はごく短いものであり、また時程中では刺激が呈示されるだけである。被験者はこの刺激に対して単純な弁別を行うか、あるいは記銘を行うにすぎない。Hicks et al.（1976）は先行研究の知見を整理し、被験者が呈示された刺激について能動的な処理を行わない場合には時程中に呈示される刺激の数・複雑さに伴って心理的時間は長くなり、逆に刺激について能動的な処理が求められると心理的時間は情報処理量の増大に伴って短くなるということを指摘している。

Thomas & Cantor(1975, 1976) は、直径の異なる円を刺激として用い、刺激の大きさが大きいほど評価時間が長くなることを報告した。またThomas & Weaver(1975) は空虚時程よりも文字を呈示した時程の方が長いと判断されやすく、呈示した文字を記憶するように求めるとさらにその傾向が強まることを示した。これらの研究で遂行される非時間的課題は知覚的なものであるか、あるいは単純な刺激の記銘である。また、Thomas & Weaverの加重平均モデルが適用可能な時程の長さは100msec以下である。加重平均モデルには記憶の減衰・変容は組み込まれていないし、またこのような短い時程ではその時程の中で知覚的処理より高次な処理を行うことは困難である。従ってHicks et al. の指摘する能動的処理とは、記憶内での情報の保持・検索などの中枢的処理であると言える。

4．時間評価における作業記憶の役割

Fortin & Rousseau(1987) は、2秒の時程の作成と同時に記憶探索課題（Sternberg, 1966）を遂行するという実験をおこなった。彼らの実験では、まず1～6個の記憶セット（数字）が呈示され、次に時程の作成が開始された。作成開始から500msec経過後にテスト刺激が呈示された。作成された時程は記憶セット数が多いほど長くなった。記憶セット数の作成時間に対する効果は加算的であった。この結果から、Fortin et al. は短期記憶において時間作成と記憶探索が同時的に遂行される間、時間情報処理が妨害されていると結論した。この解釈は、Rousseau, Picard, & Pitre(1984) によるカウンターモデルに基づくものである。Rousseauらはパルスを蓄積することで時間計測をおこなうアキュムレータを仮定した。また時間経過に対して注意が向けられているときにはON、非時間的課題が遂行され時間経過に注意が向けられないとOFFとなる注意ゲートを仮定した。エミッタからのパルスは注意ゲートを通りアキ

ュムレータで蓄積されるが、注意ゲートがOFFの時にはパルスはゲートを通過しない。したがって非時間的課題を遂行している間は時間計測が妨害される。

Rousseau et al. のモデルに基づくならば、時程作成中に非時間課題である記憶探索が行われると、その間主観的には時間は経過せず、記憶探索にかかった時間だけ作成時間が長くなることが予測される。Fortin et al. による実験では、時間作成中に記憶セットの保持と、テスト刺激と記憶セットの照合が行われている。短期記憶負荷、あるいは短期記憶における処理が時間情報処理を妨害したため、作成時間が長くなったと考えられる。

Fortin, Rousseau, Bourque, & Kirouac(1993) は、3秒の時程の作成と、注意配分を必要とするが短期記憶負荷のない視覚探索課題を組み合わせた二重課題を用いて実験を行った。この視覚探索課題はTreisman & Souther(1985) によるものである。円に線分が交差している刺激（feature-present刺激）を円刺激（feature-absent刺激）の中から検出するのは容易で前注意的に遂行可能であり、反応時間は探索する刺激の数の影響を受けない。一方、feature-absent刺激をfeature-present刺激の中から検出するのは困難で、検出には焦点的注意を必要とし、反応時間は探索する刺激の数の影響を受ける。この課題はfeature-present刺激とfeature-absent刺激のどちらが検出の標的となっても、短期記憶負荷は等しい。Fortin et al. はfeature-absent刺激が標的となる条件で、反応時間は予想通りに探索刺激数に伴って長くなったが、作成時間は探索刺激数の影響を受けないという結果を得た。これは、注意配分を必要とする課題でも短期記憶を使用しない課題であれば時間評価と干渉しないことを示す結果である。

Zakay & Fallach(1984) は時程の経験から再生による時間評価までの間の時間を操作し、時程を経験した直後にその持続時間を評価する場合（immediate estimation)と、時程経験の完了から90sec経過後に評価する場合（remote estimation)を比較した。前者では、非時間課題が困難な条件で再生時間は短くなったが、後者では課題の困難さの効果は見られなかった。課題の困難さの効果が明瞭でないのは、retrospectiveパラダイムにおける時間評価で見られる結果である。2.2節で述べたように、retrospectiveパラダイムは蓄積容量や認知的変化などにより変化し、長期記憶に依存していると考えられる。時程の終了から時間が経過するにつれて短期記憶に保持された時間情報は減衰し、時間評価に利用できなくなる。このため、時程の終了から90secが経遅した後の時間評価では，長期記憶を評価の基礎としたため、非時間課題の困難さが再生時間に影響しなかったと考えられる。短期記憶に保持される時間情報の減衰は他の研究においても報告されている（Guay & Bourgeois, 1981 ; Guay & Wilberg, 1983)。

前節で、非時間課題において単なる情報の記銘だけでなく情報に対して能動的な処理が行われるならば、課題の処理要件の増大に伴ってprospectiveパラダイムによる評価時間は短くなるということを述べた。また、Fortin et al. (1987, 1993) による研究では、記憶セットの増大に伴う視覚探索時間の増加と作成時間の増加が類似しているという知見が得られた。一方、短期的な情報の保持・処理の研究においては、作業記憶システムの概念が提唱されている

(Baddeley, 1986)。短期記憶は静的で単一の短期的な情報貯蔵庫を考えるのに対して、作業記憶では異なる情報処理のためのいくつかの下位システムで構成される動的記憶システムを想定する。この作業記憶の概念をprospectiveパラダイムによる時間評価に導入すると、作業記憶の各下位システムが時間評価の中でどのような役割を持つのかという疑問が生じる。

Fortin & Breton(1995) は、作成法による時間評価と記憶探索課題を組み合わせた実験により、時程の作成中に作業記憶内での記憶セットとテスト刺激との照合過程が含まれない場合には、記憶セット数の効果が見られないことを示した。この結果は、単に記憶セットを保持しているだけでは、同時的な時間情報処理に干渉しないということを示している。さらに、彼らは、言語的音声的表象を用いる単語の押韻についての判断を求める課題を用いた。呈示される単語の音節数が大きくなるほど反応時間も作成時間も長くなった。空間的表象を用いるメンタルローテーションを用いた課題でも同様の結果を得た。これらの結果は、作業記憶を用いた処理によって時間情報処理が妨害されることを示し、また時間情報は言語的・音声的・視空間的情報を処理する作業記憶の下位システムを用いていることを示している。

5. 実験

Klapp & Netrick(1988) は、作業記憶における処理と情報の貯蔵のために用いられる資源として、聴覚的言語的資源と視覚的空間的資源を区別した。彼らはProbe Digit課題 (PD課題) と、Missing Digit課題 (MD課題) という二種類の記憶探索課題を用いた。PD課題は、記憶セットとして1～9個の数字を呈示し、最後にプローベ刺激を呈示する。被験者はプローベ刺激の一つ前に呈示された数字を探索して反応するという課題である。MD課題は、記憶セットに含まれる可能性のある0～9の10個の数字の中から9個を呈示して保持させ、呈示されなかった数字を探索するという課題である。

第1実験では、PD課題、MD課題と音声化抑制が同時的に行われた。記憶セットの数字呈示と同時に数字を発音する条件と、数字呈示と同時に数字を発音せず「la」と発音する条件 (音声化抑制条件) が用いられた。PD課題では音声化抑制により正答率が大きく低下したのに対して、MD課題では正答率の低下は見られなかった。第2実験では、PD課題・MD課題と空間トラッキング課題が同時に行われた。両課題とも空間トラッキングとの同時的遂行時には正答率の低下が見られたが、MD課題の正答率のほうがより大きく低下した。これらの結果は、PD課題が聴覚的・言語的資源に依存し、MD課題は視覚的・空間的資源に依存することを示している。また作業記憶モデルに従うならば、PD課題は音韻ループを使用する課題であり、MD課題は視空間スクラッチパッドを使用する課題であると考えられる。

Klapp et al. は、作業記憶における処理のための資源と、貯蔵のための資源を区別している。実験1、2は処理のための資源について調べたものである。実験3、4は貯蔵のための資源の使用について調べようとするものであり、記憶負荷がある状態でのPD課題、MD課題の

遂行が求められた。実験3では6個のアルファベットの保持という言語的な記憶負荷が用いられ、実験4では空間的パターンによる空間的記憶負荷が用いられた。PD課題は言語的記憶負荷によって干渉を受けた。MD課題は空間的記憶負荷によってもごく僅かしか干渉を受けなかった。これらの結果は、PD課題は情報の貯蔵のために聴覚的言語的資源を用いる課題であることを示す。またMD課題は作業記憶における処理のためには空間的処理資源を用いるが、MD課題における情報の貯蔵には空間的資源をわずかしか用いないことを示している。

本節で報告する実験は、作成法による時間評価とPD課題の遂行を同時的に行い、時間評価における聴覚的・言語的資源の役割と、音韻ループにおける時間情報処理の可能性を明らかにすることを目的としている。PD課題の遂行によって時間評価が影響を受けるならば、作成法による時間評価は作業記憶内に仮定される音韻ループを利用し、また聴覚的・言語的な処理資源を必要とすることが明らかになる。

5.1 方法

被験者　被験者は大阪大学人間科学部の学部生、大学院生12名。

課題・装置　PD課題の単独遂行条件（Figure 1-1）では、記憶負荷を操作するために記憶セットとして4個、6個、8個の数字を呈示した。4個の数字を呈示する条件では、0～9の数字のうちから4個をランダムに選び、100msec間隔で継時呈示した。6個の記憶セットを呈示する場合には第3刺激と第4刺激のISIを500msecとし、8個を呈示する場合には第3刺激と第4刺激、第6刺激と第7刺激のISIを500msecとした。これにより記憶セットはグループ化され、記銘が促進される（Klapp, Mashburn, & Lester, 1983； Klapp & Netrick, 1988）。記憶セットの最後の数字が呈示されてから1sec後にプローベ刺激が呈示された。ターゲットは、記憶セット系列の中でプローベ刺激として呈示された数字の次に呈示された数字であった。記憶セット数が4個、6個の時は、最初に呈示される数字を除くすべての記憶セット内の数字が、等しい回数ターゲットとなった。記憶セット数が8個の時には、最初と3番目、5番目に呈示される数字はターゲットとならず、これら以外の数字が等しい回数ターゲットとなった。被験者はこの数字を検索し、テンキーでその数字を押して反応した。反応の正誤をディスプレイに表示してフィードバックした。

PD課題と時間作成の同時的遂行条件（Figure 1-2）では、記憶セットを呈示した後、プローベ刺激が呈示される1sec前に「＃？」という刺激を呈示した。これは時間作成開始を示すものであった。被験者はプローベ刺激が呈示されると記憶セットを検索し、時間作成開始から4秒が経過したと感じた時点でPD課題に対する反応キーを押して時間作成を終了した。すなわち、時間作成の終了とPD課題への反応が1回の反応で行われた。反応の正誤をディスプレイ上に表示して被験者にフィードバックしたが、作成時間についてはフィードバックしなかった。

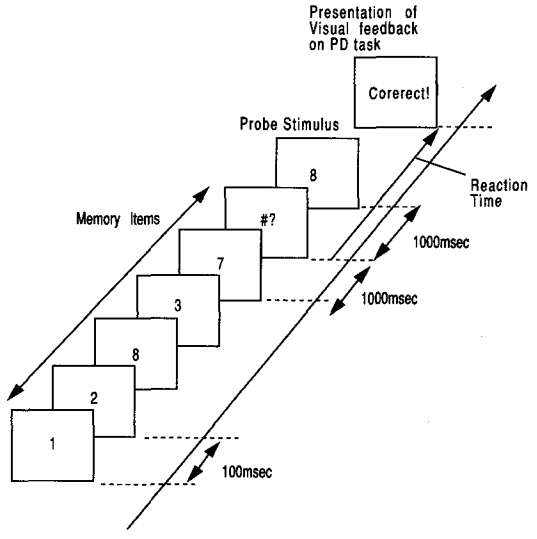

Figure 1－1 PD task performed solely

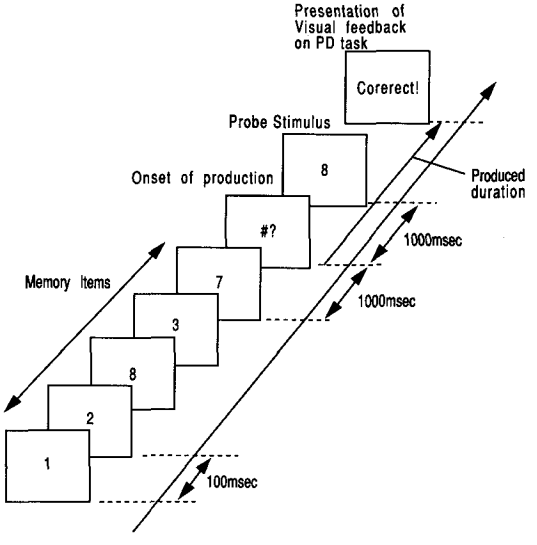

Figure 1－2 Concurrent processing both PD task and production

実験にはパーソナルコンピュータ（NEC PC9801VX 2）を用い、刺激呈示にはそのディスプレイ（NEC PC-KD854N）を用いた。反応スイッチとしてキーボードのテンキーを用いた。時間測定にはコンピュータ内蔵のタイマーICを用いた。最小測定単位は10msecであった。

手続き　被験者は個別に実験を行った。PD課題についての説明を行った後、被験者はPD課題の単独遂行を行った。記憶セット数毎に３つの試行ブロックを作成した。各ブロックは30試

行で構成され、被験者は各ブロックの開始前に10試行の練習試行を行った。記憶セット数の順序効果は被験者間で相殺された。

次にPD課題と時間作成の同時的遂行を行った。課題についての教示と同時に、腕時計をはずすこと、体でリズムをとらないこと、声を出して数字や時間を数えないことを教示した。教示後、PD課題と時間作成の同時的遂行の練習を10試行行った。PD課題の単独遂行時と同様に、記憶セット数別に3つの試行ブロックが作られ、各ブロックでは30試行を行った。被験者は各ブロックの開始前に、4秒の時程作成のみの試行を10試行行った。

5.2 結果

PD課題単独遂行条件における反応時間、PD課題と時間作成の同時遂行条件における作成時間をTable 1に示す。PD課題を単独で遂行した場合、記憶セット数が増えるに従って反応時間は有意に長くなり（$F(2,22)=91.8, p<0.01$）、また標準偏差も増大した。これは記憶セット数が増えることで記憶負荷が増大し、PD課題がより困難になったことを示すものである。

作成時間は最も記憶負荷が少ない条件においても、客観的持続時間である4秒より長くなった。また作成時間は記憶セット数が8の時に有意に長くなった（$F(2,22)=13.99, p<0.01$）。ただし記憶負荷の増大に伴う作成時間の伸びは反応時間の伸びに比べて小さくなった。標準偏差の増大は見られなかった。

Table. 1 Reaction time for PD task and produced duration as a function of memory set size.

Memory Set Size	Reaction Time (msec) Mean	SD	Produced Duration (msec) Mean	SD
4	1034	247	4180	549
6	1240	411	4341	599
8	1576	867	4359	593
Total	1283	614	4294	586

Note - Both reaction time and produced duration increased with memory set size. This result indicates that (1) increase of memory set size leads to heavier memory load and makes PD task more difficult, and that (2) increasing memory load lengthens duration production.

PD課題と時間作成の同時遂行条件において、各試行ブロックの前に行なった10試行の時間作成のみの試行のうち、後半5試行についての作成時間をTable 2に示す。後半の5試行では、PD課題との同時的時間作成と比較してより正確な時間作成を行っている。

Table 2 Produced duration in the condition subjects performed production only.

Trial block	Produced Duration (msec) Mean	SD
1	4035	306
2	4048	282
3	4005	232
Total	4029	274

Note - Production was more accurate in performing production only than in performing production and PD task concurrently. This result indicates that subjects can produce duration accurate if no information processing required during production.

Table 3 にPD課題の単独遂行時と時間作成との同時遂行時における誤反応率を示す。PD課題の単独遂行時よりも、時間作成との同時遂行時のほうが誤反応率は高くなった。また単独遂行時、同時遂行時とも、記憶セットが大きくなるにつれて誤反応率が高くなった（単独遂行時：$\chi^2(2)=69.4, p<0.01$；同時遂行時：$\chi^2(2)=41.6, p<0.01$）。

Table 3 Error rate of PD task as a function of memory set size and dual - task condition.

Memory set size	Error rate(%) PD task only	PD task and time estimation
4	1.39	5.83
6	3.89	10.00
8	16.39	21.11
Total	7.22	12.31

Note - Error rate increased as memory set size. More error occured in performing PD task during production than in performing PD task solely. This result shows that increased memory load and concurrent duration production deteriotrates PD task performance.

5.3 考察

PD課題については、単独遂行時よりも時間作成との同時遂行時の方が誤反応率が高くなっており、時間作成とPD課題の遂行の間には干渉が見られた。これは時間作成に対する注意配分によってPD課題への注意配分量が少なくなったことを示している。また、PD課題と時間作成が同じ処理資源プールを用いていることも示している。

記憶セットが大きくなるにつれてPD課題単独遂行時の反応時間は短くなり、誤反応率が高くなった。この結果はKlapp et al. が得た結果と同じであり、PD課題の遂行においては記憶セット数増加につれて作業記憶の負荷が高まり、ターゲットの検索により多くの時間がかかるようになったことを示している。一方、記憶セット数が増大するのに伴い、作成時間も長くな

った。この結果から、PD課題の処理要件の増大が時間情報処理に影響し、時間作成を妨害したことが推測される。これは非時間課題の困難さが増大すると心理的時間が短くなるという多くの先行研究の結果と一致するものである。

Klapp et al. が示すように、PD課題は言語的聴覚的資源を用いる課題であり、またBaddeley(1986, 1990) の作業記憶モデルによれば音韻ループを使用する課題であると考えられる。この課題の遂行が時間作成に干渉し、作成時間を長くしたという結果は、時間情報処理が言語的聴覚的資源を利用し、また音韻ループに依存することを示している。この結果は、Fortin & Bretonの得た知見を支持するものである。音韻ループの使用を示唆する知見はほかにも報告されている。Hicks et al. (1977) は言語リハーサルを時程の経験中に行うことにより再生法による時間評価は短くなったことを報告している。Getty(1976) やFetterman & Kileen (1990) は、カウンティングによって時間評価がより正確に行われることを示している。本実験においても「心の中で数を数えて作成した」という内観が得られたが、このようなカウンティング方略は音韻ループを使用するものと考えられる (Logie & Baddeley, 1987)。

Rousseau et al. (1984) のカウンターモデルでは、非時間的情報処理の間は時間情報処理は中断されると考えることから、非時間課題の困難さの増大による反応時間の伸びは、作成時間の伸びと等しくなることが予想される。しかしこのモデルでは本実験の結果は十分に説明されない。本実験では、作成時間の伸びは反応時間の伸びよりも小さくなった。Fortin & Rousseau(1987) も本実験と同様に、記憶セット数に対する作成時間関数の傾きが反応時間関数の傾きよりも小さくなったことを報告している。

時間情報処理を、認知タイマーにおける主観的時間単位 (STU)の蓄積過程と仮定する。この仮定のもとでは、作成法による時間作成はある量までSTUが蓄積されると作成を打ち切るという方法で行われると考えられる。本実験の結果について次のような解釈が可能である。非時間的情報処理を行っている間はSTUの蓄積は中断されている。この場合作成時間は非時間的処理の処理時間と、基準蓄積量に達するまでの時間の和となる。ここで、音韻ループ内に保持された記憶セットは、同じく音韻ループにあると仮定された認知タイマーに蓄積されたSTUの一部として処理され、蓄積を「底上げ」すると考える。このように仮定すると、記憶セットが大きいほど作成終了の基準となる蓄積量に達する時間は短くなることになる (Figure 2)。

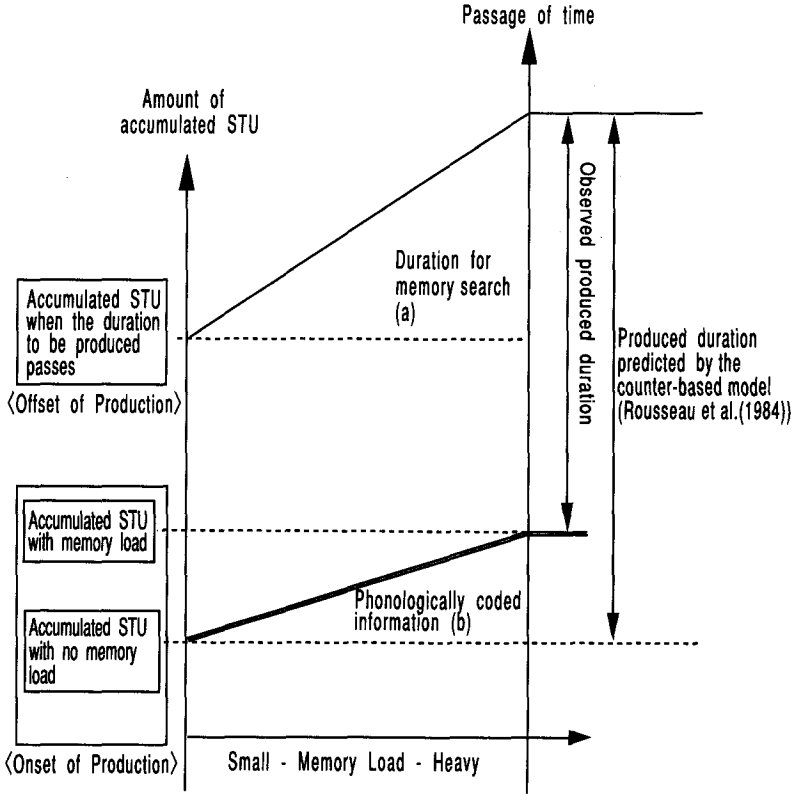

Figure 2. STU accumulation and duration for memory search determine produced duration.

Production is assumd to be based on accumulation of subjective time units(STU). Two factors influence this accumulation process.

(a)Accumulation is interrupted while memory search is performed.
Therefore, produced duration increases as memory set size.

(b)Phonologically-coded information, which is stored in the phonological loop, is treated as accumulated STU. Increase of memory set size leads to decrease of required accumulation. So produced duration decreases as stored informartion increases in phonological loop.

The present experiment showed that produced duration increased as memory size, but the increasing rate of production was smaller than that of reaction time. This result can be explained by assuming these two factors.

本実験で得られたデータから、この解釈の妥当性についてさらに論じるのは難しい。しかし音韻ループの時間的特性に関する研究や、時程の物理的長さと心理的時間の関係についての研究の知見は、時間情報処理が音韻ループにおいて行われるという解釈を支持しているように考えられる。

音韻ループは保持できる情報量に限界のあるシステムである。Baddeley, Thomson, & Buchanan(1975) は含まれる音節数が多く読むのに時間がかかる単語ほど再生されにくく、記憶範囲は小さくなることを示した。これは語長効果と呼ばれ、この効果は構音ループに保持で

きる音節数が限られていることを示している。Baddeley(1990) は、音韻的にコード化されて保持された情報は時間が経過するにともなって減衰し、情報の減衰による消失を防ぐためにリハーサルが行われると考え、記憶範囲は保持された言語材料の減衰速度とリハーサルにかかる時間によって決定されるとした。またいくつかの言語を用いた研究結果から減衰時間が約2秒であることを示し、2秒間に音声化できる情報量によって保持できる容量が制限されていることを示した。経験された時程が音韻的符号に変換されると仮定すると、2秒以下の時程では時間情報すべてが音韻ループ内に保持されうるが、2秒以上の時程では時間情報の一部は時程終了までに減衰してしまうことが予想される。従って、2秒より短い時程と2秒以上の時程では、時間評価の基礎的過程が異なると考えられる。

心理的時間の研究において、2秒を境として異なる内的過程が時間知覚・時間評価に用いられることが指摘されている。Fraisse(1971) は、2秒以下の短い時程では時程内での変化をほとんど同時的に把握できるとし、またリズムの知覚においては刺激間の間隔が2秒に達するとリズムとして知覚されず、関連の無い一連の音として知覚されることを示した。Getty(1975) は、比較法による持続時間の弁別において、2秒以下の時程ではWeberの法則がよくあてはまるが、2秒以上では推定された評価時間の標準偏差が持続時間が長くなるにつれ急激に大きくなり、Weberの法則により時間評価を説明できないことを示した。Jingu(1989) はタッピング課題を用いてGetty(1975) と同様の結果を得た。タッピング間隔の標準偏差は250msecの間隔では20msec、567msecの間隔では50msecとなった。これらの標準偏差を各時程における単位時間と考えると、250msec、567msecの両方の時程が、それぞれの単位時間を12回数えることによって作成できる。これらの知見から、神宮 (1993) は、2秒以下の時程では、単位時間によって呈示時程が区切られ、この区切られた数が心理的時間を形成するための時間情報となり、心理的時間を形成するためにこの数を保持しなければならないと述べている。2秒以上の時程でWeber比が増大するのは、記憶が限界に達し、時程の増加とともに単位時間が倍数増加するためとしている。時間情報が聴覚的あるいは音声的にコード化されるとするならば、音韻ループでの記憶の減衰時間が2秒であることから、2秒によるWeber比の変化は音韻ループにおいて時間情報の一部が容量限界を越えて減衰することによって起こると推測される。

しかしこれらの知見だけでは上述の解釈が妥当であるとは結論づけられない。特に非時間的情報の保持が時間情報に影響するか否かについて今後の研究が必要である。

6. 結論

prospectiveパラダイムによる時間評価は時間情報処理に基づき、時間情報処理は処理資源の配分を必要とする意識的認知過程過程である。時間情報処理はさまざまな非時間的課題により干渉をうけることが示されており、時間情報処理が必要とする処理資源は単一資源理論で提唱される一般的なすべての課題に用いられる単一資源のように考えられる。いくつかの先行研究では、短期記憶や作業記憶での処理が時間情報処理に影響を与えることが示されている。本研究では作業記憶の下位システムであり、言語的音声的情報の保持・処理を行うと考えられる音韻ループが時程の作成において持つ役割を調べた。結果は、記憶負荷が増大すると作成時間が長くなることを示し、時間の作成が音韻ループを利用していることを示した。非時間課題の困難さの増大に対する反応時間の伸びよりも、作成時間の伸びのほうが小さいという結果から、音韻ループ内に保持された非時間的情報が時間情報処理に影響している可能性について述べた。

作業記憶理論では、本研究で調べた音韻ループ以外に注意システムである中央統制部や視覚的空間的な操作を行う視空間スクラッチパッドといった下位システムが仮定されている。さまざまな持続時間の時程、評価パラダイム、時間評価法を用いた時に、これらの作業記憶の構成要素がどのように使われるかについては、今後の研究が必要である。

参考文献

Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. 1975 Word length and the structure of short-term memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 14, 575-589

Baddeley, A. D. 1986 Working memory Oxford:Oxford Univarsity Press.

Baddeley, A. D. 1990 Human memory:theory and practice. Massachusetts:Allyn and Bacon.

Berg, M. 1979 Temporal duration as a function of information processing. Perceptual and Motor Skills, 49, 988-990.

Block, R. A. 1974 Memory and the experience of duration in retrospect. Memory and Cognition, 2, 153-160.

Block, R. A. 1978 Remembered duration:effects of event and sequence complexity. Memory and Cognition, 6, 320-326.

Block, R. A. 1986 Remembered duration:imagery processes and contextual encoding. Acta Psychologica, 62, 103-122.

Block, R. A. 1992 Prospective and retrospective duration judgment:the role of information processing and memory. In F. Macar et al. (Eds.), Time, Action, and Cognition. Dordrecht:Kluwer Academic Publishers. Pp. 141-152.

Block, R. A., & Reed, M. A. 1978 Remembered duration:evidence for a contextual-change hypothesis. Journal of Experimental Psychology:Human Learning and Memory, 4, 6, 656-665.

Brown, S. W. 1985 Time perception and attention:the effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. Perception and Psychophysics, 38, 115-124.

Brown, S. W., Stubbs, D. A.1988 The psychophysics of retrospective and prospective timing. perception, 17, 297-310.

Brown, S. W., & West, A. N. 1990 Multiple timing and the allocation of attention. Acta Psychologica, 75, 103-121.

Brown, S. W., Stubbs, D. A., & West, A. N. 1992 Attention, multiple timing, and psychophysical scaling of temporal judgments. In F. Macar et al. (Eds.) Time, Action, and Cognition. Dordrecht:Kluwer Academic Publishers. Pp. 141-152.

Burnside, W. 1971 Judgment of short-term intervals while performing mathematical tasks. Perception and Psychophysics, 9, 404-406.

Fetterman. J. G., & Killeen, P. R. 1990 A componential analysis of pacemaker-counter timing systems. Journal of Experimental Psychology:Human Perception & Performance, 16, 766-780.

フレッス P. 岩脇三良（訳） 1971 現代心理学Ⅳ 知覚と認知 第2章 時間知覚，白水社，Pp.96-137 (Fraisse, P. 1963 Traité psychologie expéfimentale. 6. La perception, Paris, France:Presse Universitaire de France)

Fortin, C., & Rousseau, R. 1987 Time estimation as an index of processing demand in memory search. Perception and Psychophysics, 42, 377-382.

Fortin, C., Rousseau, R., Bourque, P., & Kirouac, E. 1993 Time estimation and concurrent nontemporal processing:specific interference from short-term-memory demands. Perception and Psychophysics, 53, 536-548.

Fortin, C. & Breton, R. 1995 Temporal interval production and processing in working memory. Perception and Psychophysics, 57, 203-215.

Getty, D. J. 1975 Discrimination of short temporal intervals:a comparison of two models. Perception and Psychophysics, 18, 1-8.

Getty, D. J. 1976 Counting processes in human timing. Perception and Psychophysics, 20, 191-197.

Grondin, S., & Macar, F. 1992 Dividing attention between temporal and nontemporal tasks:a performance operating characteristic - POC - analysis. In F. Macar et al. (Eds.) Time, Action, and Cognition. Dordrecht:Kluwer Academic Publishers. Pp. 119-128.

Guay, M., & Bourgeois, J. 1981 Short-term retention of temporal information. Perceptual and Motor Skills, 52, 719-726.

Guay, M., & Wilberg, R. B. 1983 Short-term retention of temporal visual information. Perceptual and Motor Skills, 56, 139-146.

Hicks, R. E., Miller, G. W., & Kinsbourne, M. 1976 Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed. American Journal of Psychology, 89, 719-730.

Hicks, R. E., Miller, G. W., Gaes, G., & Bierman, K. 1977 Concurrent processing demands and the experience of time-in-passing. American Journal of Psychology, 90, 3, 431-446.

Jingu, H. 1989 numerical processing of duration in temporal tracking behavior. Japanese Psychological

Research, 31, 169-178.

神宮 秀夫 1993 時間知覚研究の問題点と課題 新編感覚知覚心理学ハンドブック 新曜社, Pp. 1555-1562

Kahneman, D. 1973 Attention and effort. New Jersey: Prentice-Hall.

Klapp, S. T., Marshburn, E. A., & Lester, P. T. 1983 Short-term memory does not involve the "working memory" of information processing: the demise of a common assumption. Journal of Experimental Psychology: General, 112, 240-264.

Klapp, S. T., & Netrick, A. 1988 Multiple resources for processing and storage in short-term working memory. Human Factors, 30, 617-632.

Logie, R. H., & Baddeley, A. 1987 Cognitive processes in counting. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition, 13, 310-326.

Macar, F., Grondin, S., & Casini, L. 1994 Controlled attention sharing influences time estimation. Memory & Cognition, 22, 673-686.

松田 文子 1985 時間評価とその発達に関するモデル 心理学評論, 28, 597-623.

McClain, L. 1983 Interval estimation: effect of processing demands on prospective and retrospective reports. Perception and Psychophysics, 34, 185-189.

オルンスタイン R. E. 本田時雄 (訳) 1975 時間体験の心理 岩崎学術出版社 (Ornstein, R. E. 1969 On the experience of time. Harmondsworth: Penguin Books.)

Poynter, W. D., & Homa, D. 1983 Duration judgment and the experience of change. Perception and Psychophysics, 33, 548-560.

Poynter, W. D. 1989 Judging the duration of time intervals: a process of remembering segments of experience. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), Time and human cognition: a life-span perspective. Amsterdam: North-Holland, Pp. 305-331.

Rousseau, R., Picard, D., & Pitre, E. 1984 An adaptive counter model for time estimation. Annals of the New York Academy of Sciences, 423, 639-642.

Shiffman, H. R., & Bobko, D. J. 1974 Effects of stimulus complexity on the perception of brief temporal intervals. Journal of Experimental Psychology, 103, 156-159.

Sternberg, S. 1966 High-speed scanning in human memory. Science, 153, 652-654.

Thomas, E. A. C., & Cantor, N. E. 1975 On the duality of simultaneous time and size perception. Perception and Psychophysics, 18, 44-48.

Thomas, E. A. C,, & Weaver, W. B. 1975 Cognitive processing and time perception. Perception and Psychophysics, 17, 363-367.

Thomas, E. A. C., & Cantor, N. E. 1976 Simultaneous time and size perception. Perception and Psychophysics, 19, 353-360.

Treisman, A., & Souther, J. 1985 Search asymmetry: a diagnostic for preattentive processing of separable features. Journal of Experimental Psychology: General, 114, 285-310.

Tsao, Y. C., Wittlieb, E., Miller, B., & Wang, T. G. 1983 Time estimation of a secondary event. Perceptual and Motor Skills, 57, 1051-1055.

Underwood, G., & Swain, R. A. 1973 Selectivity of attention and the peerception of duration. Per-

ception, 2, 101-105.

Wickens, C. D. 1980 The structure of attentional resources. In R. Nickerson (Ed.), Attention and Performance VIII. Hillsdale, New Jersey:Lawrence Erlbaum Associates:Pp. 239-257.

Wickens, C. D. 1984 Engineering psychology and human performance. Columbus:Merril Publishing Company.

Wickens, C. D. 1987 Attention. In P. A. Hancock (Ed.), Human Factors Psychology. Amsterdam:North-Holland. Pp. 29-80.

Zakay, D. 1989 Subjective time and attentional resource allocation:an integrated model of time estimation. In I. Levin & D. Zakay (Eds.), Time and human cognition:a life-span perspective. Amsterdam:North-Holland. Pp. 365-397.

Zakay, D. 1993 Time estimation methods - do they influence prospective duration estimates? Perception, 22, 91-101.

Zakay, D., Nitzan, D., & Glicksohn, J. 1983 The influence of task difficulty and external tempo on subjective time estimation. Perception & Psychophysics, 34, 451-456.

Zakay, D., & Fallach, E. 1984 Immediate and remote time estimation - a comparison. Acta Psychologica, 57, 69-81.

Cognitive processes in time estimation :The role of working memory

Kazumitsu SHINOHARA

In order to examine cognitive characteristics of psychological time, most studies on time estimation have assumed two processes; temporal information processing and nontemporal information processing. Temporal information processing corresponds to subjective timing activity. Nontemporal information processing corresponds to other kind of cognitive processes excluding timing. It is supposed that time estimation is based on these two processes and their interaction. It has been shown that nontemporal processing shortens reproduced duration and lengthens produced duration.

In prospective paradigm, subjects are instructed that they will be required to estimate duration. It is expected that subjects attend to the passage of time, and that temporal information processing occurs with allocation of time. So prospective time estimation is based on temporal information. In retrospective paradigm, subjects are not instructed that they will be required to estimation duration until they finish experiencing the interval. It is expected that subjects does not pay attention to the passage of time and that temporal information processing does not occur. So retrospective time estimation is not based on temporal information, but based on nontemporal information. Thus, temporal information processing is used for prospective time estimation.

Brown et al. (1990, 1992) showed that temporal information processing is intentional cognitive process which requires processing resources. Many kinds of nontemporal tasks have been used with prospective time estimation. And most of them showed interference effects on time estimation. Temporal information processing seems to require single undifferential resource used for any kind of cognitive processes.

Fortin et al. (1993) reported that attention-demanding task which includes no short-term-memory (STM) load does not influence concurrent interval production. This finding suggests that temporal information processing includes STM or working memory. The present study aimed to examine the role of working memory on time estimation.

In the present experiment, production of 4 seconds interval and memory search task, which was called probe-digit (PD) task, were performed concurrently. Klapp & Netrick (1988) have shown that the memory search task uses phonological loop, which is one of the subsystem of working memory and contributes to storage and processing of phonological and articulatory code (Baddeley, 1986).

Results showed that reaction time and error rate for memory searching task increased with

the number of memory set. Produced duration also increased. This results indicates that production uses phonological loop and that temporal information is phonologically or articulatory coded. The counter-based model proposed by Rousseau et al. (1983) predicted that nontemporal processing interrupts accumulation of subjective time units which is based on subjective timing, and that their predicted that produced duration increases at the increasing rate of reaction time. However, increasing rate of produced duration is smaller than the increasing rate of reaction time. It should be considered that temporal information processing is not completely interrupted and that it is influenced by nontemporal information concurrently processed.

One possible explanation of this result is that cognitive timer is located in the articulatory loop and that the amount of memory set storage influences accumulation of STU. Some findings from preceding researches seem to support this explanation.