イメージ動作における時間評価の正確性

安 川 通 雄¹⁾ 大 石 和 男¹⁾
木 村 瑞 生²⁾ 前 嶋 孝¹⁾

Accuracy of time estimation during mental rehearsal

Michio Yasukawa¹, Kazuo Oishi¹, Mizuo Kimura² and Takashi Maeshima¹

Abstract

This study investigated the temporal organization during a mental rehearsal of 500 m speed skate sprint and a simple counting task without mental rehearsal. The effect of the difference between internal and external imagery (classified by Mahoney and Avenier, 1977) to time estimation in the mental rehearsal was also investigated. Subjects were 8 elite speed skate athletes, ranging in age from 18 to 23 years, who had been fully trained by a image training program which included the same mental rehearsal. They were all highly motivated before each experiment. The mental rehearsal was the same to that in the previous study (Oishi et al. 1991). The mental rehearsal was started by a gun signal recorded by a tape recorder, after a rest period (5 min), relaxation (4 min), and a control of emotion (2.5 min). Subjects were instructed to start a watch at the gun signal and to stop the watch at their finish. Duration of the mental rehearsal was estimated after the each rehearsal. Another time estimation was done during the counting task, which was instructed to continue for the target time defined as each best record of 500 m speed skate sprint without mental rehearsal. The estimate time during mental rehearsal was very close to the actual time. On the other hand, the other estimate time during counting task was deviated remarkably from the target time. In addition there were many different patterns of the imagery change from internal to external and vice versa. Though the internal imagery was dominant in our subjects, there was no obvious relation between the rate of internal imagery to external one and the accuracy of the time estimation during mental rehearsal. It was suggested that the mental movement was conducted with the similar velocity to that during the actual movement, and the central motor program was involved with the mental rehearsal.

Key words: mental rehearsal, time estimation, internal imagery, external imagery

(Japan J. Phys. Educ., 37: 385—391, March, 1993.)

キーワード：メンタルリハーサル，時間評価，内的イメージ，外的イメージ

結 言

体育やスポーツの分野では，体操競技におけ

る演技時間や陸上競技のトラック種目におけるペース配分などに代表されるように，時間評価の正確さが競技成績と関連することが多い¹⁾。そのため，これまで身体活動やスポーツ場面に注目した様々な時間評価の検討がなされてい

- 1) 専修大学社会体育研究所
〒214 神奈川県川崎市多摩区東三田 2-1-1
2) 東京工芸大学
〒243-02 神奈川県厚木市飯山 1583

1. *Institute of Sports, Physical Education, and Recreation, Senshu University, 2-1-1, Higashimita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa, (214)*
2. *Tokyo Institute of Polytechnics, 1583, Iiyama, Atsugi, Kanagawa, (243-02)*

る^{16,23,29,30)}。

動作イメージ想起中の時間評価は、一流運動選手を対象とした場合に極めて正確であることが観察されている。勝部・只木¹⁷⁾は、競技場面での複雑な動作のイメージと時間評価との関連を検討し、ナショナルチームの体操選手や剣道の熟練者に動作イメージを描かせた結果、その所要時間は実際の時間と一致していることをみている。また Singer³¹⁾は、世界の一流スキー選手を対象としてメンタルリハーサルを実施した結果、競技会での記録とイメージによる時間とがほとんど一致していたことを報告している。安川ら³⁴⁾も、先行研究でイメージ・トレーニングを長期間実施している全日本クラスのスピード・スケート選手を対象にしてイメージによる 500 m 競技を行わせたところ、イメージに要した時間は競技記録に極めて近似し、上述の報告を支持する結果を得ている。この様な報告から、イメージ想起の時間は描かれるイメージの正確さを示す重要な指標の一つとも解釈されている¹²⁾。

上述のように一流運動選手で観察される正確な時間評価は、動作イメージが実際の動作に近い速度で再現された結果なのか、単にイメージ開始から終了までの時間の長さが動作イメージとは別にプログラムされている結果なのかは明らかではない。また、想起するイメージの内容は自らが動作を行うような内的 (internal) なものと自分の姿を外から見つめるような外的 (external) なものがある²¹⁾。このイメージの違いは筋電図の出現の有無など生理的变化と関連するという報告がある¹¹⁾。しかし、これまで内的・外的というイメージの違いが時間評価の正確性に影響を与えるか否かについての検討はなされていない。

そこで、本研究では動作イメージによる時間評価の正確性が動作とは別個に単に時間感覚としてプログラムされた結果なのか、それとも動作と時間を含めた運動プログラムの再生による結果なのかを調べることを目的とした。さらに、動作イメージの内容が内的であるか外的である

かの違いと時間評価の正確性との関連を検討した。

実験方法

時間評価に影響を及ぼす要素として態度、期待あるいは動機づけの程度といった主体的条件が指摘されている²⁵⁾。また想起されるイメージに関しては、想起されたイメージの鮮明度やイメージの情動価および活動性、あるいはイメージに対する被験者自身の評価の違いなど^{22,32)}が生理反応に結び付く重要な要素と考えられ、これらの要素が時間評価に影響を与える可能性もある。このため本研究では、被験者に対する指示には十分に配慮し、イメージ想起のための条件をできる限り統一するように努めた。また、毎日実施しているイメージ・トレーニング終了後の内省報告から、いずれもスケート滑走のイメージ想起が極めて鮮明であると推測された者を被験者とした。

1) 被験者

被験者は、イメージ・トレーニングを 8—55 カ月間にわたり毎日実施している年齢 19 歳から 24 歳までの全日本クラスのスピード・スケート選手 8 名であった。スピード・スケートにおける彼らの 500 m 競技の自己最高記録を Table 1 に示した。

2) 滑走イメージ想起のための手順

イメージ・トレーニングでは、どのような環境が設定されてその環境の中に自分がどの様に関わっているかという環境条件と自己との関係

Table 1. Individual best records of 500 m speed skate sprint.

Sub.	Best Record
1) Y. K.	37"00
2) S. K.	37"04
3) K. I.	37"70
4) Y. F.	37"80
5) N. A.	38"70
6) K. S.	39"99
7) N. I.	38"90
8) M. O.	40"30

Table 2. Flow chart of the experiments.

min.	contents
1	relaxation
2	
3	
4	imagery of environments
5	
6	control of emotion
7	500 m skate sprint start
8	goal relaxation

が非常に大きな意味を持つため^{2,33)}, イメージ内容の詳細な描写が重要である²²⁾。そこで本研究で行う動作イメージ想起では, より実際の競技場面でのスケート滑走に近づけるため, 以下のような手順で十分な準備状態を作った。これらの手順は前回の報告²⁴⁾と同様である (Table 2)。まずイメージ想起の前に身体各部分や全身のリラクセーションを4分間行った後に, 選手が試合を行うリンクや周囲の環境をイメージする。次に, スタートの順番が近づいてくるにしたがい次第に感情のコントロールを行い, 実際の試合に提示されるものと同様のピストルの合図に合わせてスタートし, 500 m 競技を行うというものである。以上のイメージ想起は, テープレコーダーにより一様に提示した。本研究の被験者は, 日頃多岐にわたる内容のイメージ・トレーニングを行っているが, 今回用いた500 m 競技滑走のイメージは毎週1回の頻度で実施してきたものである。

実験に先立ち, 被験者全員に対してそれぞれが目標とする競技会で自己最高記録を出すイメージ想起であることを強調し, 実験の趣旨説明を十分に行った。

a) 滑走イメージによる時間評価と内省報告の記録

被験者が実験を開始し, 500 m 滑走のイメージを想起する際, スタートおよびフィニッシュの時点でそれぞれストップ・ウォッチを押すよ

うに指示した。実験終了後, ストップ・ウォッチから滑走イメージの時間 (以後, イメージング・タイムとする) を被験者が記録した。また, イメージの鮮明度や滑走の満足度, さらにスタートから500 m フィニッシュまでの間の内的および外的イメージの変化の様子を内省報告として記録させた。なお, 内的および外的イメージの違いは, Mahoney and Avenier²¹⁾の分類に従い, 被験者自身がスピード・スケートの500 m を実際に滑っているような場合を内的イメージ, 自分の姿をビデオで見ているように外から自分を眺めているような場合を外的イメージと定義した。これらのイメージの区別は, Fig. 2, 3に示したような20 m ごとに区切ったグラフに対して, 内的イメージの区間を黒く塗りつぶすという方法で記録させた。なお, イメージング・タイムの計測はすべて実験用ベッド上で仰臥位で行い, 週1回ずつ計6週間にわたって実施した。

b) イメージなしの時間評価

本研究では, イメージによる時間評価の正確性が単に500 m 滑走に要する時間感覚に起因しているのか, あるいは滑走動作の運動プログラム再生時間が起因しているのかを調べるために, 第6回目のイメージの時間評価実験の後に, 動作イメージを全くせず単に自己最高記録に相当する時間評価の実験を加えた。その方法は

Fig. 1. Deviations of the estimate time from the imaging time during the mental rehearsal, and deviations of the counting time from the target time (individual best records). See text in detail.

Fig. 2. Samples of the imagery alternations from individual's introspection after the mental rehearsal, which defined to distinction of internal and external imagery. Various patterns of reciprocal change are shown from internal to external and vice versa.

Fig. 3. Samples of the imagery alternations, which indicate the same total percentage.

Goldstone et al.¹⁰⁾に準じて、動作や言語による表現や何らかの指標を一切用いず、頭の中で毎秒1回で数を数える課題を行わせた（以後、カウンティング・タイムとする）。カウンティング・タイムはイメージング・タイムと同様に被験者自身がストップ・ウォッチによって計測した。カウンティング・タイムの計測は2分以上の休息をはさんで計6回実施した。

尚、すべての実験には時間が表示される部分を不透明のテープで覆ったストップ・ウォッチを用い、被験者自身で時間を見ることができないように配慮し、得られた結果はいずれの場合においても被験者へ一切知らせなかった。

実験結果

1) イメージングとカウンティングによる時間評価の正確性

本実験では、スピード・スケートにおける500mの自己最高記録を目標に滑走イメージを行わせた。被験者全員における自己最高記録の平均値は 38.43 ± 1.18 秒であった。Fig. 1に、各被験者における目標時間とイメージング・タイムとの差、目標時間とカウンティング・タイムとの差を比較した。イメージング・タイムは目標時間との差が極めて小さく、1名を除いていずれも平均値で2秒以下の誤差であった。これに対しカウンティング・タイムは目標時間との差が大きく、平均値で2.7秒から12.9秒の誤差を生じた。このように、イメージングによる時間評価は、カウンティングによる時間評価よりも正確であった。

2) 内省報告における内的・外的イメージの変化

スタートからフィニッシュまでの間に2名の被験者が描いた内的イメージと外的イメージの変化の例をFig. 2に示した。この図から、同一被験者におけるイメージの内的と外的との変化のパターンは試行するごとに同一ではなく、スタートからフィニッシュまですべてが内的イメージの場合、あるいは内的と外的とが不規則に入れ替る場合など様々であった。内的と外的の割合がそれぞれ80%と20%であった例についてみると(Fig. 3)、スタートから400mまでが内的であったが最後の100mのみが外的であった場合(Sub. S.K.)、スタートからフィニッシュまでの間で所々(Sub. K.I.)あるいは頻繁に入れ替る場合(Sub. N.I.)などのように様々な変化パターンが報告された。

3) 内的・外的イメージの占める割合と時間評価

本実験では、6試行中3試行は滑走中のイメージが内的であったか外的であったかを報告させた。被験者の内省報告によるイメージの内容を観察すると、8名の被験者における3試行

Fig. 4. Relation between percentages of internal imagery and the deviations of the estimate time from the imaging time.

の71%において内的イメージの割合が外的イメージを上回っており、本研究の被験者では内的イメージの割合が優位であった。

Fig. 4は被験者の目標時間とイメージング・タイムとの差が滑走イメージ想起における内的イメージの占める割合とどのような関係にあるかを示した。この図から、内的イメージの占める割合が増えると、その差が小さくなるなどの一定傾向は示さなかった。

考 察

本研究で観察されたような時間評価の正確さは、特殊な中枢機構の働きにより達成されることが推測される。Decety and Michel⁴⁾は、単純な図形を実際に描写するのに要した時間が同じ図形をイメージで描写するのに要した時間と極めて一致していることを示した。類似した結果は、イメージによる歩行の実験でも示されている³⁾。Decetyらは、イメージによる動作であっても中枢における運動プログラムに時間的要素が強く関与していることを推測している。本研究ではスピード・スケートの500 m競技の自己最高記録を目標に行ったが、イメージングによる時間評価の精度は著しく高かった(Fig. 1)。さらに、この精度がカウンティングすなわちイメージなしの独立した時間感覚のみによるものではないことも解った。この事実は、身体的な

練習に加えてイメージ・トレーニングにより十分に熟練された動作をイメージした場合には、その動作に関連した中枢プログラムが関与し、時間評価の正確さを高めていることを推測させる。

視覚的イメージに関する研究によれば、目で実際に物を見る時とそれを視覚的にイメージする時とでは中枢での情報アクセスの過程が類似しており^{7,8,18,19)}、実際の視覚と視覚的イメージとではほぼ同様な認知過程(cognitive process)を活性化させたり、同様な障害を受けやすいことなどが示されている^{1,6,20)}。同様に、イメージによる動作と実際の動作とに関する中枢の類似性も指摘されている¹⁴⁾。

前述のように、想起される動作イメージには内的か外的かという違いがある。外的イメージは、主として視覚的イメージ想起であるのに対し、内的イメージは、視覚、聴覚、さらに筋感覚などの運動に伴う種々の感覚が関与している複合感覚的なイメージと考えられている^{11,12)}。また、これら2種類のイメージ想起では、活性化される脳の部位が異なることが脳血流の観察から知られている。例えば、視覚的イメージでは後頭葉上部や頭頂皮質後部など^{9,26)}、また運動のイメージ想起中には前頭前野および補足運動野^{13,27,28)}、さらに小脳⁵⁾で部分的な血流量の増加が示されている。このように二種類のイメージの違いにおける生理的機序には相違点が見出されるが、それらのイメージの相違と時間評価との間に明確な関係は認められなかった(Fig. 4)。また、本研究のように約40秒間という比較的長い時間にわたる動作のイメージ想起中には、すべての場面でイメージが内的、外的のどちらか一方であることは希で、実際には内的、外的両方のイメージが不規則に入れ代わる場合の方が多いことが明らかとなった。

以上のように、競技における動作イメージと実際の動作とで時間が近似した事実は、動作イメージが極めて実際の動作に近い速度で遂行されたことを示し、このような時間評価の正確さには、中枢での運動プログラムが関与している

ことが推測された。しかし、筋感覚的イメージに対して滑走している自分を外から眺めているような視覚的イメージの比が大きい場合であっても時間評価には差が生じなかったことについては今後の課題であろう。

要 約

本研究は、鮮明なイメージ想起が可能なスピード・スケート選手8名を対象にして、イメージによる500 m滑走を行った際の時間評価を実施し、その正確性を調べることを目的である。また、その時に想起されたイメージの内容をMahoney and Avenier²¹⁾の方法に準じて内的と外的というカテゴリーに分類し、滑走イメージによる時間評価との関連を調べた。実験に先立ち、被験者全員に試合を想定した滑走イメージであることを強調し、実験の趣旨説明などを十分に行った。被験者が500 m競技滑走のイメージを想起する際、スタートおよびフィニッシュの時点でそれぞれストップ・ウォッチを押すように指示した。実験終了後この滑走イメージの時間を評価させ、また、ストップ・ウォッチから滑走イメージの時間（イメージング・タイム）を記録し、さらにイメージの内容を内省報告として記録させた。また、動作のイメージを伴わないで、単に数を数えながら500 m競技の自己最高記録を目標時間とした時間評価も実施した（カウンティング・タイム）。カウンティング・タイムは目標時間との差が大きく、平均値で2.7秒から12.9秒の誤差を生じた。これに対してイメージング・タイムは目標時間との差が極めて小さく、1名を除いていずれも平均値で2秒以下の誤差であった。このように、動作イメージにおける時間評価は極めて正確であることが示された。また、内省報告による内的および外的イメージの変化パターンは試行するたびに变化し、すべて内的イメージの場合あるいは内的と外的が不規則に入れ替る場合など様々であった。しかしながら、内的イメージの割合が外的イメージを上回っている例が3試行において71%観察され、本研究の被験者では内的イメー

ジの方が優位であった。ただし、目標時間とイメージング・タイムとの差に対する内的イメージの占める割合は一定傾向を示さなかった。以上の結果から、競技における動作イメージと実際の動作との時間が近似した事実は、動作イメージが実際の動作に極めて近い速度で遂行されたことを示し、このような時間評価の正確さには、中枢での運動プログラムが関与していることが推測された。

なお、本研究の一部は第41回日本体育学会³⁵⁾で発表した。

文献 (References)

- 1) Basso, A., Bisiach, E., and Luzatti, C. (1985) Loss of mental imagery: A case study. *Neuropsychologia* 18: 435-442.
- 2) Bauer, R.M. and Craighead, W.E. (1979) Psychophysiological responses to the imagination of fearful and neutral situations: The effects of imagery instructions. *Behavioral Therapy* 10: 389-403.
- 3) Decety, J., Jeannerod, M., and Prablanc, C. (1989) The timing of mentally represented actions. *Behavioural Brain Research* 34: 35-42.
- 4) Decety, J. and Michel, F. (1989) Comparative analysis of actual and mental movement times in two graphic tasks. *Brain and Cognition* 11: 87-97.
- 5) Decety, J., Philippon, B., and Ingvar, D.H. (1988) rCBF landscapes during motor performance and motor ideation of graphic gesture. *European Archives of Psychiatry and Neurological Sciences* 238: 33-38.
- 6) Farah, M.J. (1984) The neurological basis of mental imagery: A componential analysis. *Cognition* 18: 245-272.
- 7) Finke, R.A. (1986) Mental imagery and the visual system. *Scientific American* 3: 76-83.
- 8) Finke, R.A. and Kurtzman, M.S. (1981) Mapping the visual field in mental imagery. *Journal of Experimental Psychology* 4: 501-517.
- 9) Goldenberg, G., Podreka, I., Steiner, M., and Williams, K. (1987) Patterns of regional cerebral blood flow related to memorizing of high and low imagery words: An emission computer tomography study. *Neuropsychologia* 25: 473-485.

- 10) Goldstone, S., Boardman, W.K., and Lhaman, W. J. (1958) Kinesthetic cues in the development of time concepts. *Journal of Genetic Psychology* 93: 185-190.
- 11) Harris, D.V. and Robinson, W.J. (1986) The effects of skill level on EMG activity during internal and external imagery. *Journal of Sport Psychology* 8: 105-111.
- 12) 猪俣公宏 (1991) イメージトレーニングの応用原理. *体育の科学* 41: 119-121.
- 13) Ingvar, D.H. and Philipson, L. (1977) Distribution of cerebral blood flow in the dominant hemisphere during motor ideation and motor performance. *Annals of Neurology* 2: 230-237.
- 14) 伊藤政展 (1991) 情報処理過程における運動とイメージの機能的類同性. *体育の科学* 41: 113-118.
- 15) 加賀秀夫 (1966) 身体活動が時間評価に及ぼす影響. *体育の科学* 16: 268-270.
- 16) 加賀秀夫・太田哲男・楠見 栄 (1968) 時間評価におよぼす身体活動と精神活動の影響について. *順天堂大学保健体育紀要* 11: 22-29.
- 17) 勝部篤美・只木英子 (1964) 運動と精神電流現象 (5) —イメージと映画を刺激材料とした剣道ならびに弓道についての精神電流現象—. *体育学研究* 8: 7-13.
- 18) Kosslyn, S.M. (1978) Visual images preserve metric spatial information. *Journal of Experimental Psychology H.P.P.* 4: 47-60.
- 19) Kosslyn, S.M. (1984) The medium and the message in mental imagery: A theory. *Psychological Review* 88: 46-65.
- 20) Levine, D.M., Warach, J., and Farah, M. (1985) Two visual system in mental imagery. *Neurology* 35: 1018-1080.
- 21) Mahoney, M.J. and Avenier, M. (1977) Psychology of elite athlete: An exploratory study. *Cognitive Therapy and Research* 1: 135-141.
- 22) May, J.R. and Johnson, H.J. (1973) Physiological activity to internally elicited and inhibitory thoughts. *Journal of Abnormal Psychology* 82: 239-245.
- 23) Myers, G.C. (1916) Incidental perception. *Journal of Experimental Psychology* 1: 339-350.
- 24) 大石和男・木村瑞生・安川通雄・前嶋 孝 (1991) イメージによる動作遂行中の生理的パラメータの変化. *体育学研究* 36: 303-312.
- 25) 大黒静治 (1961) 時間評価研究の概観. *心理学研究* 32: 44-54.
- 26) Roland, P.E., Eriksson, L., Stone-Elander, N., and Widen, L. (1987) Does mental activity change the oxidative metabolism of the brain? *Journal of Neurosciences* 7: 2373-2389.
- 27) Roland, P.E. and Friberg, L. (1985) Localization of cortical areas activated by thinking. *Journal of Neurophysiology* 53: 1219-1243.
- 28) Roland, P.E., Larsen, B., Lassen, N.A., and Skin-hoj, E. (1980) Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movement in man. *Journal of Neurophysiology* 43: 118-136.
- 29) 佐久間敏行・藤井邦夫・松井匡治 (1982) スポーツ選手の時間評価 (I). *仙台大学紀要* 14: 1-10
- 30) 佐久間敏行・藤井邦夫・松井匡治 (1984) スポーツ選手の時間評価 (II). *仙台大学紀要* 16: 1-10.
- 31) Singer, R.N. (1975) Myths and truths in sports psychology. *Harper and Row*, 59-62.
- 32) 鈴木晶夫・丹羽哲雄 (1988) イメージの精神生理学. 水島恵一・上杉 喬 (編) イメージの基礎心理学. 誠信書房: 東京.
- 33) 渡邊 章 (1991) 身体運動とイメージ—生理学的アプローチ—. *体育の科学* 41: 108-112.
- 34) 安川通雄・大石和男・木村瑞生・前嶋 孝 (1990) スピード・スケート選手におけるイメージによる500mの滑走タイム. *専修大学体育研究紀要* 13: 9-14.
- 35) 安川通雄・大石和男・木村瑞生・前嶋 孝 (1990) スピード・スケート選手におけるイメージによる500mの滑走タイム. *日本体育学会第41回大会号*, p. 186.

(平成3年12月16日受付)