

第二言語ナラティブ時の脳賦活データによる 言語臨界期説検証研究

田浦秀幸

不要な媒介変数を除去する為にブレインイメージング研究では単純化されたタスク（例えば言語流暢性タスク）が多く用いられている。しかし本研究では、より日常生活での言語活動に近いナラティブ（物語を語る）タスクを使用して、第2言語能力と脳賦活様態の関係を調査した。

被験者は同じ国際学校に通う6名の中高生である（表1）。Dは出生以降日英両語に接触を続ける早期バイリンガルで、A、B、Cの3名は小学校1年生時に英語圏に渡り、6、7年間現地校に通っていたあと帰国して2、3年経つ帰国生である。残りの2名（EとF）はこの学校に入学して6ヶ月しか経たない中学1年生で、英語学習は6ヶ月前に開始したばかりである。英語学習6ヶ月の日本人英語学習者と、低年齢から英語圏で6年以上を過ごした帰国生や早期日英バイリンガルの英語力には埋めがたい差があるが、英語ナラティブ遂行時の脳賦活にどのような差となって現れるのかを検証した。

タスクはバイリンガル研究で用いられることの多い“Frog, where are you?” (Mayer, 1969)を使用した。図1に示す通り、少年とペットの犬が、逃げ出した蛙を探しに森に冒険に行く24ページからなる絵本である。文字が絵本中になく、各被験者は1分間程で絵本をざっと見て筋を掴んだ後で、各ページを見ながら物語を語るタスクである。制限時間は設定せず、幼稚園の子供に読み聞かせるようにゆっくりと、難解な単語は使わないように心がけるよう指示を出した。椅子に腰掛けた状態でタスクを遂行し、その間に音声データとfNIRSデータを同時収集した。

島津製作所のOMM-3000を用い、前額部には縦3横9のプロープ（合計42チャンネル）を最下段中央の第8受光プロープが国際10-20法のFpzと合致（最下段がT3-F7-Fp1-Fp2-F8-T4の

表1 6被験者の言語歴

		L2圏滞在		帰国時 年齢	帰国後の 期間	実験時 年齢
		開始年齢	滞在期間			
A	(男・帰国生)	7;00	7 yrs	14;00	2;04	16;04
B	(女・帰国生)	6;00	6 yrs	12;00	3;08	15;08
C	(男・帰国生)	6;00	6 yrs	12;00	3;08	15;08
D	(男・NS)	0;00	11;02	11;02	0;00	11;02
E*	(男・英語学習者)	n/a	n/a	n/a	n/a	13;06
F*	(女・英語学習者)	n/a	n/a	n/a	n/a	13;03

* E/Fは学校教育での英語学習開始後6ヶ月目

FROG, WHERE ARE YOU?
by Mercer Mayer

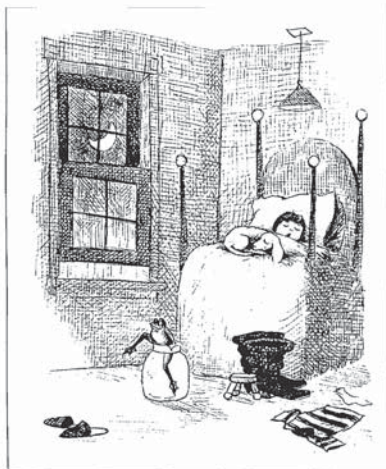


图 1 Frog, where are you?

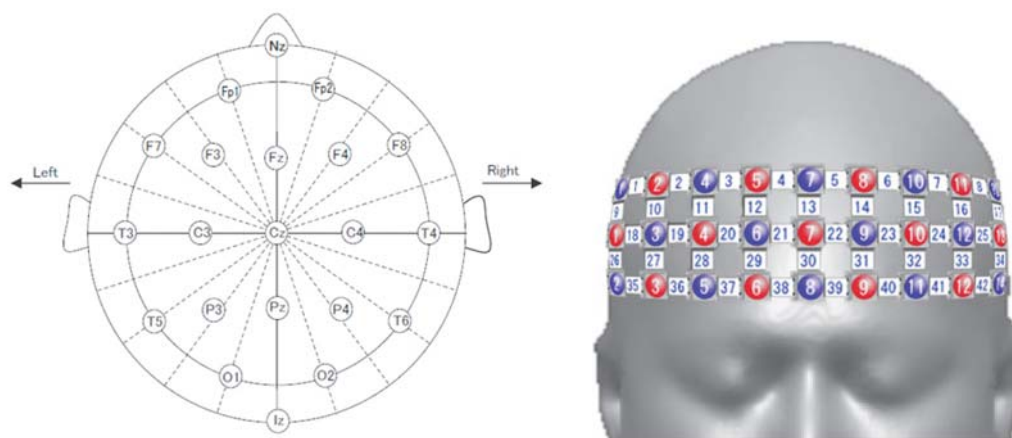


図2 国際 10-20 法 (左) と頭部装着図 (右)

表 2 行動データ

	タスク時間 (秒)	産出した 総単語数	平均産出 単語数/分	グループ平均		
				タスク時間	総単語数	単語数/分
A	213.00	320	90.1	287.05	361.3	73.5
B	477.44	579	72.8			
C	131.41	112	51.1			
D	326.36	434	79.8			
E	136.53	39	17.1	127.31	38.0	18.0
F	118.08	37	18.8			

ラインと合致)するように装着した(図2)。同様に左脳ブローカ野とその右脳相当部も国際10-20法を用いて対応チャンネルを被験者ごとに同定した。

収集fNIRSデータは最初に全てを標準化した。次に、左右脳の各研究対象部位(ブローカ野とその右脳相当部位)は数チャンネルに該当するので、収集した各チャンネルのfNIRSデータを部位毎及びfNIRS種類(酸素化、脱酸素化、トータルヘモグロビン)ごとに平均値を求めた。ブロックデザインではなく、数分間続くナラティブであるので、タスクとレストの差分算出はできず、一続きのデータとして扱うことにした。また、被験者間の特定部分の統計処理はできないので、130ミリ秒ごとのヘモグロビンの増減をプロットしたグラフを元に考察を行った。

最初に行動データ結果を示す(表2)。

英語学習開始後6ヶ月のEとFは、24ページの絵本の説明をするのに、38語を使って、約2分を費やした。一分間に約18語の英語を産出したことになる。各ページの絵の説明に僅か1、2語しか使用しておらず、聞き手に話を聞かせるレベルの英語力に達していないのは明らかである。一方でA-Dは、約10倍の平均361語を使って説明をしたが、時間としては約2倍の4、5分であった。これは単語の産出スピードが一分間に約74語とEやFの4倍であった為である。各ページに約15語の単語を用いて説明をしていたことになる。この事より、当然ではあるがこの2群間には、英語産出能力に大きな差異があることが判明した。

次に、タスク遂行時のfNIRSデータ（酸素化ヘモグロビン）のグループ平均をまとめたのが図3である。24ページのナラティブタスクに費やした時間には当然個人差があるので、一番短かった被験者Fの118秒に揃えるために、6人のデータの最初の118秒だけを分析対象とした。分散分析（ $F(3,2304) = 31.918, p < .01$, 偏イータ2乗 = .04）及びその後の多重比較の結果、両脳ともにA-D群がE/F群を上回り脳が活性化されていること、つまりE/F群がこのタスクを行うのにA-D群ほどエネルギーを使っていないことが判明した。更に、A-D群はナラティブタスク遂行時にブローカ野よりも右脳を使っている一方で、E/F群は左右脳に差が無いこともわかった。

英語力が圧倒的に高いA-D群はタスク中にE/F群の約4倍のスピードで単語を産出しながら、話の展開も同時に考えていたために左右脳ともにE/F群より高かった。つまりこのタスクがE/F群にはあまりにも困難な課題であった可能性がある。話の筋を考えながら、文法規則に沿って適切な単語を産出するのに6ヶ月間の学習期間はあまりにも短く、各ページの絵を見て知っている単語をポツポツ言うのが精一杯であったのかもしれない。それが両脳ともに活性化がほとんど起こらなかったことにつながった可能性がある。一方A-D群で左脳よりも右脳の賦活が高かったのは、言語を司るブローカ野以上に物語展開に右脳が関与している可能性も示唆される。確固とした結論を導くには、タスク当初の約2分だけを分析対象とした為に、A-D群は物語の後半部分が対象に含まれていないケースもあるので、この部分も考慮に入れる必要がある。

次に示すのは、タスク遂行最初から118秒間の酸化化ヘモグロビン（oxy-Hb）がどのように130ミリ秒ごとに変化したかをプロット化し、最もzスコアの高い部分と最も低い部分を各個人のデータ対象にまとめたものである。図4はAのタスク中のブローカ野のfNIRS値の推移である。これはブローカ野として今回収集した5チャンネル（16, 17, 25, 33, 34番）の平均値であるが10.1～15.1秒のあたりが最も高い数値を示し、50.0～60.0秒のあたりが最も低い数値を示している。ビデオ・録音データと突き合わせたところ、物語当初の‘the boy woke up’と発話した部分が高く、‘the dog with the bees’の場面が低かった。

このように連続体としてのfNIRS oxy-Hbデータをブローカ野とその右脳相当部に関して各被験者ごとに118秒間の推移をまとめたのが表3である（特定の単語が同定できた場合のみその単語も記載した）。同じ単語でも各被験者のタスクトータル時間が異なるので、ナラティブタス

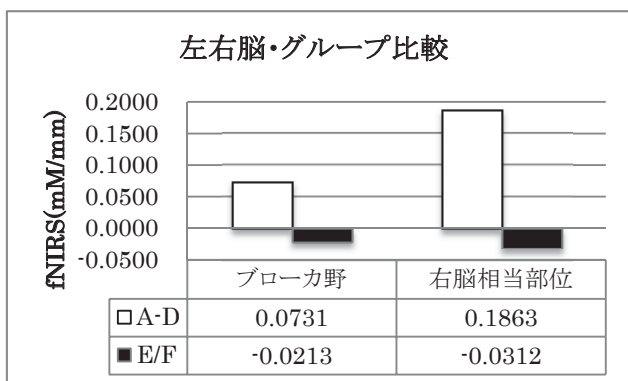


図3 fNIRS値比較

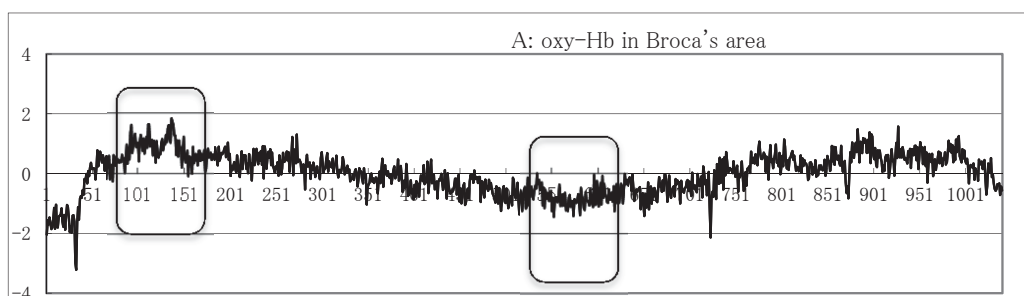


図4 タスク遂行中の被験者Aの酸素化ヘモグロビン値推移（ブローカ野）

表3 各被験者毎の左右対称脳部位における酸素化ヘモグロビンの最低・最高箇所

	ブローカ野		右脳相当部位	
	oxy最高	oxy最低	oxy最高	oxy最低
A	当初woke up	後半bees	当初	ground hole
B	半ばhole	当初call out window	当初	dog, jar
C	最後eagle	当初jar	当初	eagle
D	当初jar	半ばforest	当初	call out window
E	最後	当初	当初	半ば
F	最後	当初	当初	半ば

クの頭に当たるのか半ばか後半に当たるのかはそれぞれ異なる。

E/Fの英語学習者は同じ賦活パターンを示し（ブローカ野と右脳の賦活度合いが全く異なり）、ブローカ野が物語最後に最も賦活していて、物語の冒頭に一番賦活度合いが低かったのに対して、右脳は冒頭に最も賦活した。一方でA-Dは、左右脳の賦活が比較的似通っていて、冒頭に最も賦活が多く徐々に低下が見られた。

結論としては、英語学習歴6ヶ月の日本人学習者と非常に高いレベルの英語力を持つ日英バイリンガルの英語ナラティブタスクを比較すると、流暢性において約4倍後者が上回り、左右脳の賦活度合いにも大きな差異があることが判明した。バイリンガルはナラティブ・タスクにおいて両脳を使っているが右脳賦活のレベルが有意に高い。語彙力が豊かで文法力も自由に英文を作り出せる能力を考慮に入れると、右脳の高い賦活は物語展開力に起因する可能性が示唆される。一方で、英語学習者は両脳ともに賦活度合いが低く、これはタスクがあまりに困難すぎたのが原因であるのかもしれない。また、英語力の向上につれて左右脳賦活に発達段階が存在するのかどうかについては、両者の中間に位置するような英語レベルの日本人英語学習者からデータ収集を行わないと結果を導けない。また、日本語でも同様のタスクを課し、その際の脳賦活データ（酸素化、脱酸素化、トータルヘモグロビン値）とも比較することも有用であると考えられる。

引用文献

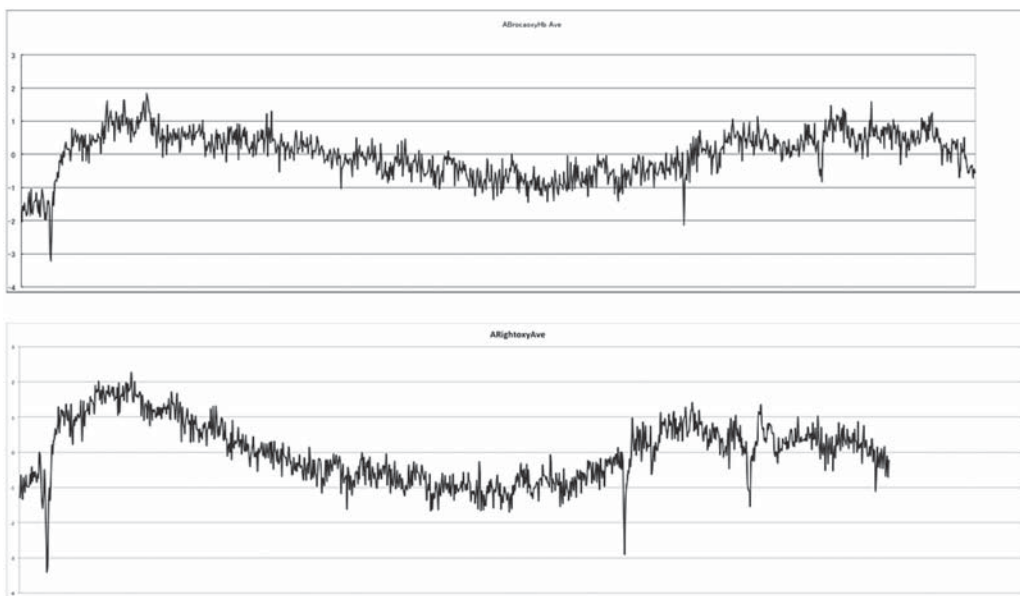
- Kim, K., Relkin, N. R., Lee, K., and Hirsch, J. (1997). Distinct cortical areas associated with native and second languages. *Nature*, 388, 171-174.

- Mayer, M. (1969). *Frog, where are you?* New York: Penguin Books.
- Oishi, H. (2006). *Noukagaku kara no dainigengo syuutokuron* [Second language acquisition theory from neuroscience]. Kyoto: Showado.
- Shimoyama, I., Sato, F., Nakazawa, K., and Ono, K. (2006). Single measurement of oxy- and deoxyhemoglobin for a functional near infra-red spectroscopy. *Abstracts for the 29th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (Neuroscience 2006)*, 232-235.
- Taura, H. (2008). *Bilinguality and Bilingualism in Japanese School-aged children*. Tokyo: Akashi shoten.
- Taura, H., Nasu, A., Abe, D., Hirai, S., Inoue, M., Nakagawa, A., Nakamura, T., Oga, M., and Takamura, R. (2010). Effects of L2 immersion experiences on translation task performance through a brain-imaging technique of functional near-infrared spectroscopy. *Studies in Language Science, 1*, 31-53.
- Toga, A.W. and Mazziotta, J.C. (2002). *Brain Mapping: The Methods*. California: Academic Press.

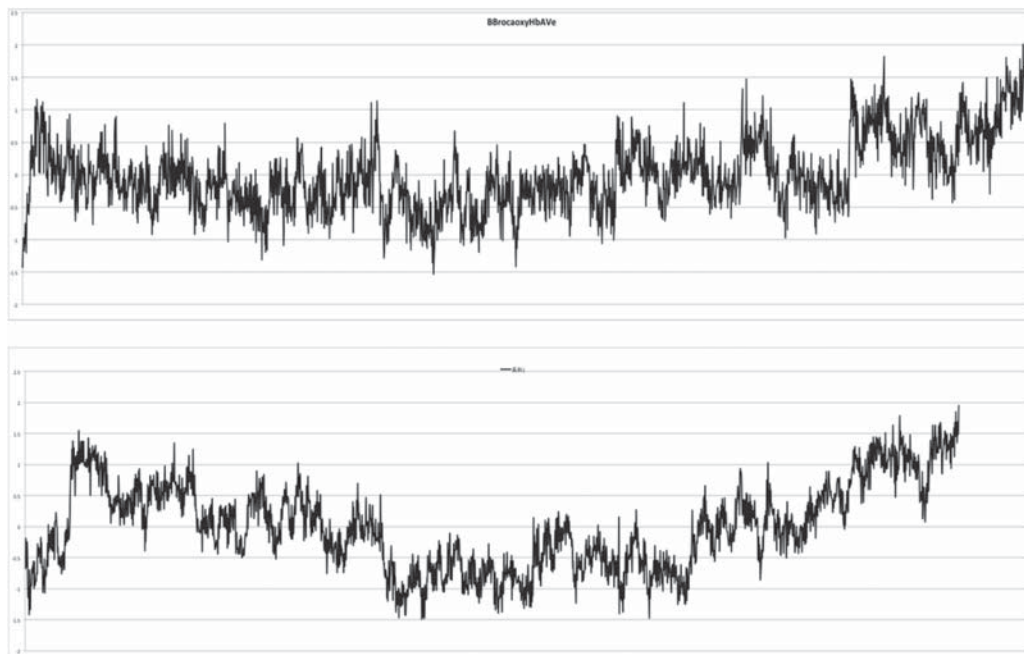
第二言語ナラティブ時の脳賦活データによる言語臨界期説検証研究（田浦）

補遺 各被験者のタスク中の酸素化ヘモグロビン値の推移（横軸が時間・縦軸が mM/mm）

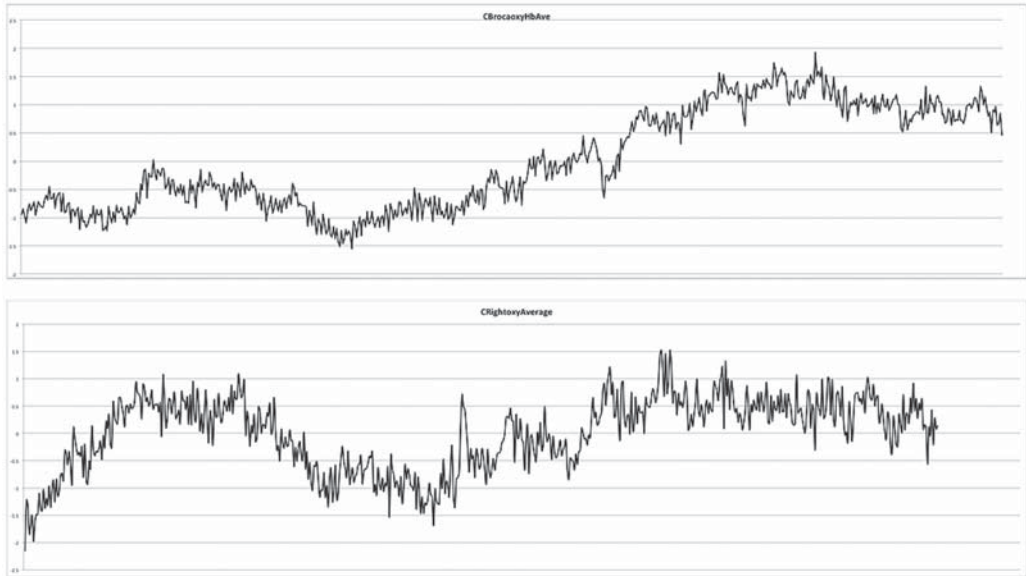
A のブローカ野（上）と右脳相当部位（下）のタスク中の酸素化ヘモグロビン値



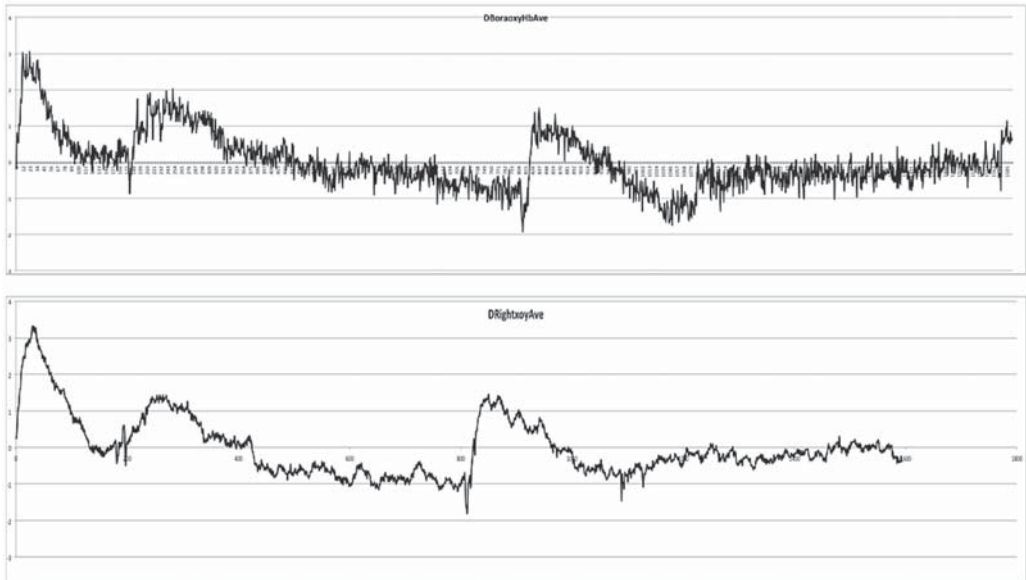
B のブローカ野（上）と右脳相当部位（下）のタスク中の酸素化ヘモグロビン値



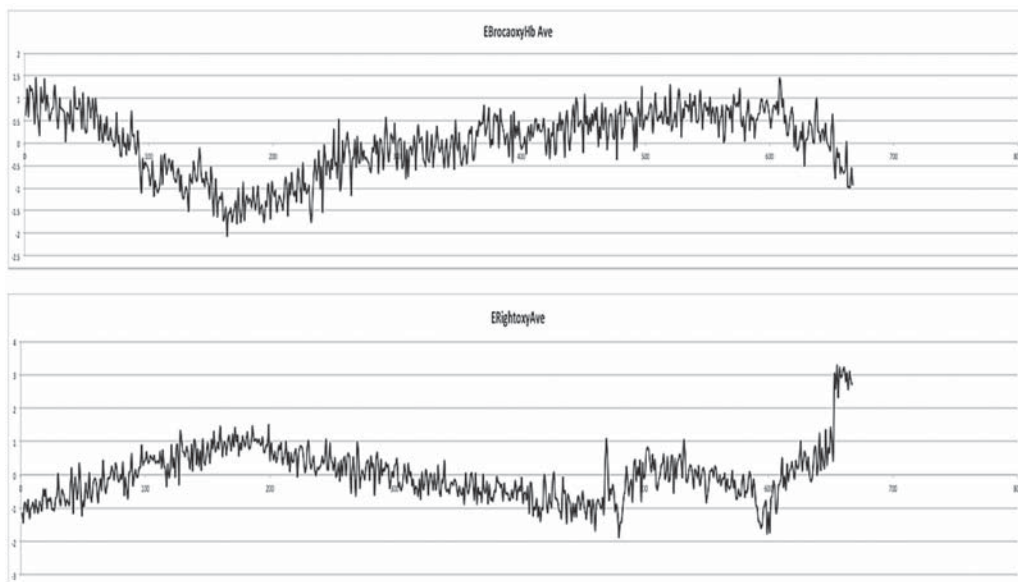
Cのブローカ野（上）と右脳相当部位（下）のタスク中の酸素化ヘモグロビン値



Dのブローカ野（上）と右脳相当部位（下）のタスク中の酸素化ヘモグロビン値



E のブローカ野（上）と右脳相当部位（下）のタスク中の酸素化ヘモグロビン値



F のブローカ野（上）と右脳相当部位（下）のタスク中の酸素化ヘモグロビン値

