

英語シャドーイングが英語読解プロセスに与える影響：近赤外分光法による脳内処理メカニズムの検討

The Effect of Shadowing on the Subvocal Process in L2 Reading: A Cerebral Experiment Using NIRS for Japanese EFL Students

門田 修平[†], 中野 陽子[†], 風井 浩志[†], 川崎 眞理子[†]
 氏木 道人[†], 中西 弘[‡], 野呂 忠司^{‡†}, 長谷 尚弥[†]
 Shuhei Kadota, Yoko Nakano, Koji Kazai, Mariko Kawasaki
 Osato Shiki, Hiroshi Nakanishi, Tadashi Noro, Naoya Hase

[†]関西学院大学, [‡]東北学院大学, ^{‡†}愛知学院大学

Kwansei Gakuin University, Tohoku Gakuin University, Aichi Gakuin University
 skadota@kwansei.ac.jp

Abstract

The experiment to be reported here is an attempt to investigate how shadowing and listening tasks differently affect the participants' conscious subvocal process in reading English text silently. Twenty-eight participants learning English as a foreign language (FL) in Japan were instructed to subvocalize (i.e. utter internally) a total of ten English passages in pre- and post-tests while their activities in the temporal and frontal regions of the brain were being measured by using 24-channel near-infrared spectroscopy (NIRS). The main results were that the increase of oxyhemoglobin concentration around the Broca and frontal areas was found during shadowing task, and that there was a significant increase in conscious subvocal rehearsal speed in silent reading after the shadowing task whereas there was not after the listening task. The present research thus suggests that shadowing may enhance the L2 learners' language-related brain activation while affecting their subvocal rehearsal speed in silent reading.

Keywords — Shadowing, Listening, NIRS, Subvocal Rehearsal, Silent Reading

1. はじめに

シャドーイング (shadowing) とは、耳から聞こえてくる音声を知覚して音韻表象 (phonological representation) を形成し、その後遅れないようにできるだけ即座に声に出して復唱するタスクである。従来から同時通訳のトレーニングの一環として行われてきたもので、第二言語習得におけるインプット理論とアウトプット理論を繋ぐプラクティス (反復プライミング) としての効果が期待できる学習法である [1] [2]。

門田 [1] は、シャドーイングには、次の図 1 のよ

うに 2 つの学習効果があることを、音読 (oral reading) とともに、示唆している。

(1) 耳からの音声インプットをもとにした音韻表象形成を容易にし、音声知覚を自動化することで、リスニングスキルを向上させる。

(2) 顕在的な外的に調音する速度を向上させることで、音韻ループ内の内的リハーサル (subvocal rehearsal) の高速化を達成し、その結果英語の語彙・構文などを全体としてまるごと内在化できるようにする。

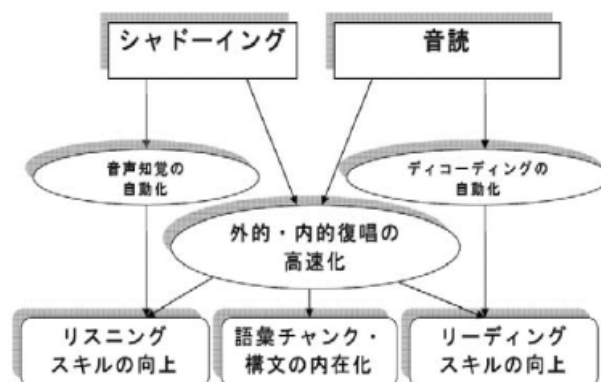


図 1. シャドーイングの 2 つの学習効果を、音読の学習効果とともに示し、シャドーイングには音声知覚の自動化効果と語彙チャンクや構文の内在化 (intake) 効果の 2 つがあると仮定している

シャドーイングについては、リスニング力を伸ばす効果があることが、これまでの第二言語 (外国語) としての英語教育研究において明らかにされている [3]。

さらに、日本人英語学習者 (大学生など) を対象

にした実験研究により, 次のような事実が示唆されるようになった.

- (1) 同じ素材でのシャドーイングの再生率は5回までは向上するが, それ以上は伸びがみられない[4].
- (2) シャドーイングは学習者の発話音声のインテンシティを増大させる[5].
- (3) シャドーイングは学習者の発音スピードを速くする[6]. これは, シャドーイングによるリスニング力向上の前段階としてほぼ共通にみられる状態である.
- (4) ピッチ幅を広げる効果がある. 日本人の英語の発話音声における, 高低の変化に乏しい, 狭いピッチ幅を改善する働きがある[4][7].
- (5) 上記(3)のように発音スピードがあがると, シャドーイング素材に含まれる語句や構文の記憶・再生が向上する[8]. これは, 音韻ループ内のサブボカールリハーサルの速度の向上により, 潜在学習効果が期待できることを示唆している[1][2].

本研究は, 近赤外線分光法測定装置

(near-infrared spectroscopy, NIRS)を用いて, 第二言語(外国語)としての英語におけるシャドーイングの脳内処理プロセスについて検討し, さらにシャドーイングにより第二言語(英語)の読解に伴う内的リハーサルにいかなる影響を与えるかについて検討したものである. 検討課題は次の3つであった.

1. 第二言語としての英語におけるシャドーイング, リスニング, 内的リハーサルを伴う黙読(silent reading)時の脳内処理を比較する.
2. 内的リハーサルを伴う英語黙読時の脳内処理が, 英語によるシャドーイングやリスニングの繰り返しによりいかに影響されるか検討する.
3. 内的リハーサルを伴う英語黙読時のリハーサルスピードが, 英語によるシャドーイングやリスニングの繰り返しにより, いかに変化するか検討する.

なお, NIRSによる本発表に先立って, 本研究と同様のデザイン, 手続きで実施した行動実験がある[9][10]. その結果は, 内的リハーサルを伴う英語黙読のリハーサル速度(words per minute)が, 英語によるシャドーイングの繰り返しトレー

ニングにより, 事後の内的リハーサルが有意に高速化するという実験結果が得られた. 本発表で報告する実験は, 基本的にNIRSによる脳内処理の観点から実証的検討を意図したものである. 併せて上記のような行動実験データについても再度報告したい.

2. 研究方法

参加者は, 中上級の日本人英語学習者28名で, 主に大学学部生および大学院生であった. 実験の素材は, 計30の英文のパスセージで, シャドーイング, リスニングの主課題, およびそれぞれの主課題前後の事前・事後の黙読課題用に, 5つずつ割り当てられた. 25秒間の開眼安静状態の後, 黙読, シャドーイング, リスニングの各課題用に音声または視覚モードで英文パスセージが呈示された. 各パスセージ呈示後, 参加者はその意味内容に関する質問に解答した. これを1試行とした.

参加者は, 各課題につき5試行を連続して行った(これを1ブロックとする). シャドーイングを主課題とする条件では, 事前黙読→シャドーイング→事後黙読の順で, リスニングを主課題とする条件では, 事前黙読→リスニング→事後黙読の順で1ブロックずつ行った. 両条件の実施順は, 参加者間でカウンターバランスを取った.

参加者は, 上記2条件の課題実施前には英語学習に関するアンケート, 実施後には英語力測定用に欧州共通参照枠の指標となるOxford Quick Placement Test (Ver. 2)を受けた.

なお, 本実験における事前・事後の黙読課題では, 参加者による「内的リハーサルを伴う黙読」を研究対象とするため, 英文をこころの中で声に出して発音しながら黙読するように指示し, これを「内的音読」と呼んだ. また, パッセージのどの箇所を内的音読しているか調べるべく, 綿棒を用いたなぞり読みを課し, またできる限り戻り読みをしないよう留意させた.

本実験では, 脳内処理の検討のための脳活動計測に, 多チャンネル計測システム(FOIRE 3000, 島津製作所)を使用したNIRSによるoxy-Hbデ

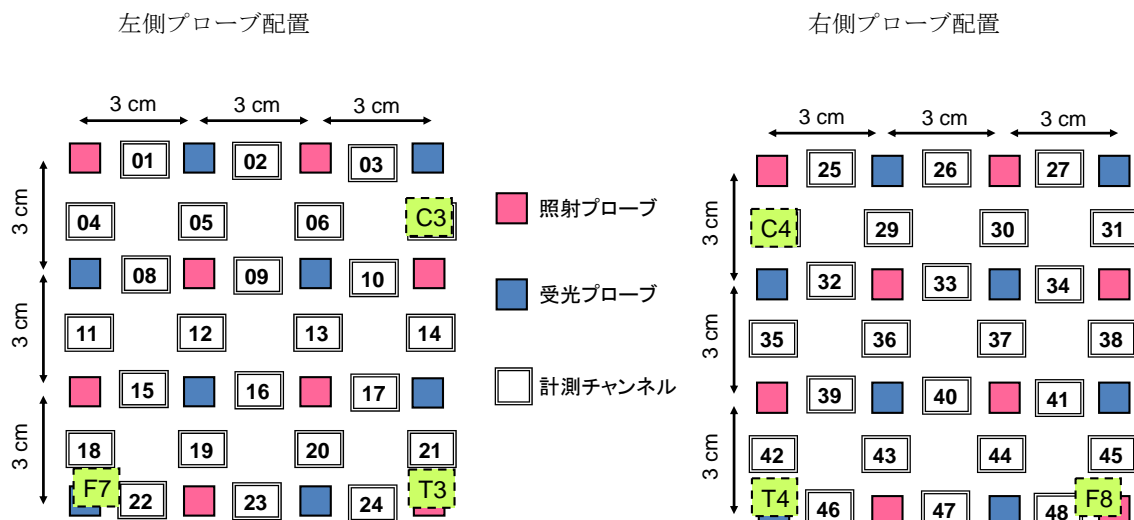


図2. プローブ配置と計測チャンネル. 国際10-20法 (Jasper, 1958) のC3, T3, F7 (C4, T4, F8) を基準にプローブを配置した.

ータを用いた. すなわち, 照射用10個と検出用8個のプローブから成る24チャンネルを2セット用意し, 各々を参加者の左右の前頭部に装着した. データのサンプリング周波数は10 Hzとした (図2参照).

NIRSデータ処理に際しては, 先ず, チャンネル別に1試行毎に, oxy-Hbデータを標準得点化し, 全ての試行のoxy-Hb波形を視察して, アーティファクトの混入が認められなかった試行の標準化oxy-Hbデータを加算平均した. 3回以上の加算平均回数確保できたoxy-Hb波形の課題遂行区間の平均値をoxy-Hb変化量とした. このoxy-Hb変化量に対して, シェドーイング・リスニングの条件別, 主課題・事前事後課題別に多重t検定による有意差検定を行った (有意水準を.00625に設定).

3. 結果

3.1. NIRS計測データ

左右全48チャンネルのうち, ブローカ野・聴覚野・運動野・前頭連合野に相当するチャンネルを, 国際10-20法の解剖学的位置対応に基づいて特定し[11], 言語処理関連域に対応するチャンネルデ

ータとして報告する. 図3は, 上記4つの言語処理関連チャンネルのoxy-Hb変化量を左半球に限定して図示したものである.

左運動野関連チャンネル

図3aは, 左運動野関連チャンネル (ch03, ch07, ch10, ch14) のoxy-Hb変化量を図示したものである. Ch14において, シェドーイング中の変化量の方がリスニング中の変化量よりも大きかった ($t(14) = 3.35, p = .005$). Ch03, ch07, ch10においては, シェドーイング中の変化量とリスニング中の変化量との間に有意な差はなかった, ch03: $t(14) = 0.05, p = .96$, ch07: $t(10) = 1.17, p = .27$, ch10: $t(11) = 3.00, p = .01$.

左ブローカ野関連チャンネル

図3bは, ブローカ野関連チャンネル (ch12, ch15, ch16) のoxy-Hb変化量を図示したものである.

これら3つのチャンネルにおいて, シェドーイング中の変化量の方がリスニング中の変化量よりも大きかった, ch12: $t(23) = 3.18, p = .004$, ch15: $t(22) = 8.01, p < .001$, ch16: $t(20) = 7.81, p < .001$.

これら3つのチャンネルにおいて, シェドーイ

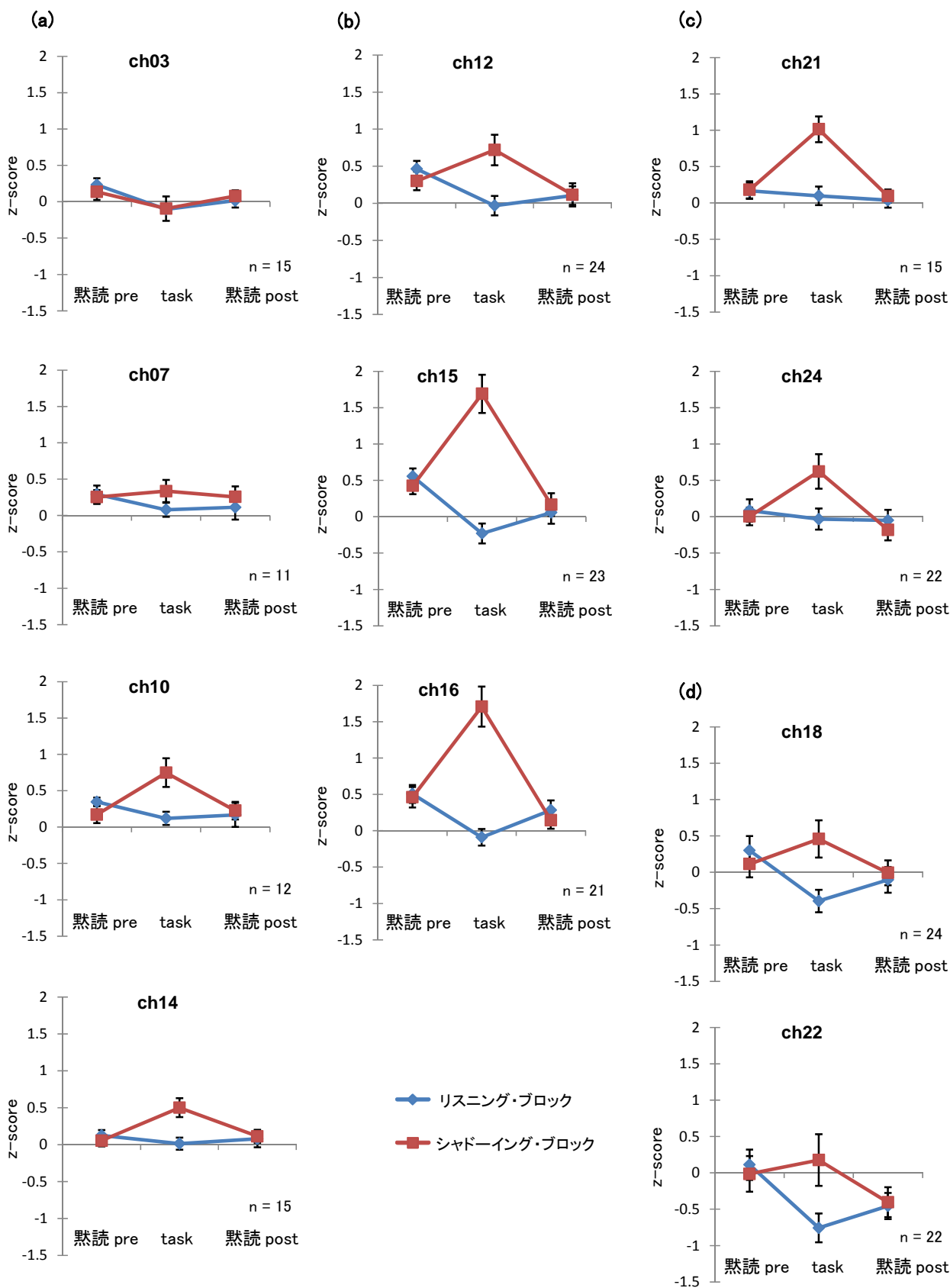


図3. 言語処理関連チャンネルの oxy-Hb 変化量 (mean ± SE). (a) 左運動野関連チャンネル (ch03, ch07, ch10, ch14), (b) 左ブローカ野関連チャンネル (ch12, ch15, ch16), (c) 左聴覚野関連チャンネル (ch21, ch24), (d) 左前頭連合野関連チャンネル (ch18, ch22).

ング・ブロックの黙読 post 中の変化量とリスニング・ブロックの黙読 post 中の変化量との間に有意差は無かった, ch12: $t(23) = 0.07, p = .94$, ch15: $t(22) = 0.74, p = .45$, ch16: $t(20) = 0.14, p = .89$.

シャドーイング中の変化量と黙読 pre 中の変化量の比較の結果, ch12 においては有意差は認められなかったが, ch15 および ch16 においてはシャドーイング中の方が変化量が大きかった, $t(23) = 2.33, p = .03$, $t(22) = 5.72, p < .001$, $t(20) = 6.06, p < .001$.

シャドーイング中の変化量と黙読 post 中の変化量の比較の結果, ch12 においては有意差は認められなかったが, ch15 および ch16 においてはシャドーイング中の方が変化量が大きかった, $t(23) = 2.55, p = .02$, $t(22) = 5.40, p < .001$, $t(20) = 6.74, p < .001$.

これら3つのチャンネルにおいて, リスニング中の変化量は黙読 pre 中の変化量よりも小さかった, ch12: $t(23) = 3.46, p = .002$, ch15: $t(22) = 4.56, p < .001$, ch16: $t(20) = 4.62, p < .001$.

これら3つのチャンネルにおいて, リスニング中の変化量と黙読 post 中の変化量との間に差は無かった, ch12: $t(23) = 0.71, p = .48$, ch15: $t(22) = 1.28, p = .23$, ch16: $t(20) = 2.28, p = .03$.

左聴覚野関連チャンネル

図 3 c は, 左聴覚野関連チャンネル (ch21, ch24) の oxy-Hb 変化量を図示したものである。

Ch21 において, シャドーイング中の変化量の方がリスニング中の変化量よりも大きかった, $t(13) = 6.75, p < .001$. Ch24 においては, シャドーイング中の変化量とリスニング中の変化量との間に有意な差はなかった, $t(21) = 2.18, p = .04$.

左前頭連合野関連チャンネル

図 3 d は, 左前頭連合野関連チャンネルの oxy-Hb 変化量を図示したものである。

Ch18 において, シャドーイング中の変化量の方がリスニング中の変化量よりも大きかった, $t(23) = 3.04, p = .006$. Ch22 において, シャドーイング中の変化量とリスニング中の変化量との間に差はなかった, $t(21) = 2.41, p = .03$.

3.2. 行動指標

図 4 は, シャドーイングおよびリスニング課題前後の黙読課題における黙読速度 (wpm) の平均値を示したものである。ブロック (シャドーイング/リスニング) × 時系列 (黙読 pre/黙読 post) の 2 要因分散分析の結果、ブロックの主効果 ($F(1, 24) = 10.49, p = .003, \eta_p^2 = .304$), および, 時系列の主効果 ($F(1, 24) = 67.25, p < .001, \eta_p^2 = .737$) が認められた。これら 2 つの要因の交互作用は認められなかった ($F(1, 24) = 3.42, p = .076, \eta_p^2 = .125$)。すなわち, シャドーイング・ブロックの方がリスニング・ブロックよりも黙読速度が速く, 主課題 (シャドーイングあるいはリスニング) 後の方が主課題前よりも黙読速度が速くなった。

図 5 は, シャドーイングおよびリスニング課題前後の黙読課題における黙読時間 (秒) の平均値を示したものである。ブロック (シャドーイング/リスニング) × 時系列 (黙読 pre/黙読 post) の 2 要因分散分析の結果、ブロックの主効果 ($F(1, 24) = 9.29, p = .005, \eta_p^2 = .279$), および, 時系列の主効果 ($F(1, 24) = 30.63, p < .001, \eta_p^2 = .561$) が認められた。さらに, これら 2 つの要因の交互作用が認められた ($F(1, 24) = 11.72, p = .002, \eta_p^2 = .328$)。シャドーイング・ブロックにおいては時系列の単純主効果が認められたが ($F(1, 24)$

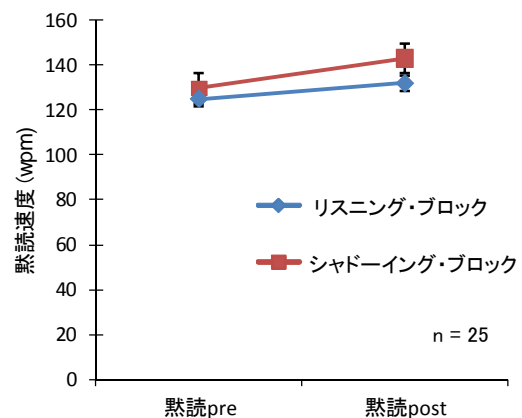


図 4. シャドーイングおよびリスニング前後での黙読速度の変化 (mean ± SE).

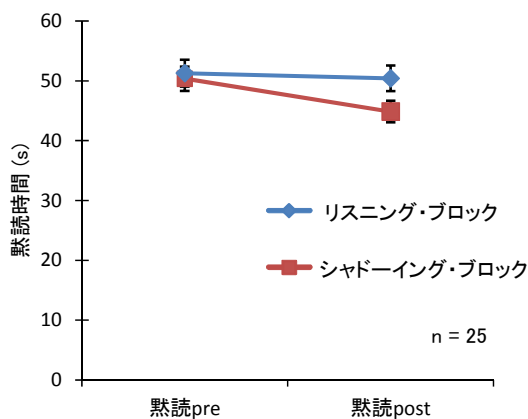


図5. シャドーイングおよびリスニング前後での黙読時間速度の変化 (mean ± SE).

= 27.81, $p < .001$, $\eta_p^2 = .537$), リスニング・ブロックにおいては時系列の単純主効果は認められなかった ($F(1, 24) = 1.53$, $p = .227$, $\eta_p^2 = .060$). すなわち、シャドーイング・ブロックにおいてのみ主課題 (シャドーイング) 後の方が主課題前よりも黙読時間が短縮された。

図6は、シャドーイングおよびリスニング課題前後の黙読課題における正誤判断の正答率の平均値を示したものである。ブロック (シャドーイング/リスニング) × 時系列 (黙読 pre/黙読 post) の2要因分散分析の結果、ブロックの主効果 ($F(1, 24) = 2.23$, $p = .148$, $\eta_p^2 = .085$) も、時系列の主効果 ($F(1, 24) = 0.61$, $p = .444$, $\eta_p^2 = .025$) も認められなかった。これら2つの要因の交互作用が認められた ($F(1, 24) = 6.91$, $p = .014$, $\eta_p^2 = .223$)。シャドーイング・ブロックにおいては時系列の単純主効果が認められたが ($F(1, 24) = 9.55$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .285$)、リスニング・ブロックにおいては時系列の単純主効果は認められなかった ($F(1, 24) = 2.04$, $p = .166$, $\eta_p^2 = .078$)。すなわち、シャドーイング・ブロックにおいてのみ主課題 (シャドーイング) 後の方が主課題前よりも正答率が上昇した。

4. 結論

以上の結果から、次のような結論が導かれる。

①ブローカ野、前頭連合野において、リスニング時と比べてシャドーイング時に有意に oxyHb 変

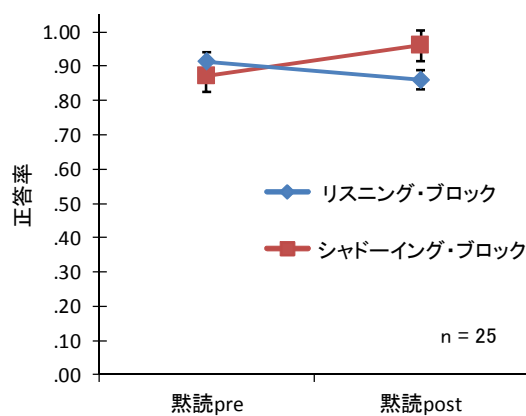


図6. シャドーイングおよびリスニング前後での黙読課題正答率の変化 (mean ± SE).

化量が増大する。

②聴覚野、運動野付近においては、シャドーイングとリスニング間の差が、ブローカ野と比べるとさほど顕著ではない。

③シャドーイング後の内的音読を、リスニング後の内的音読と比較して、何ら有意な oxyHb 変化量の増大はみられない。

④ブローカ野においては、チャンネルによる差はあるものの、シャドーイング時は内的音読時よりも oxyHb 変化量を増大させる傾向がある。リスニング時は、事前の内的音読時と比べて oxyHb 変化量を有意に減少させる。ただ、事後の内的音読時とは、有意な oxyHb 変化量の変化はみられない。

⑤内容理解度 (黙読後与えた設問の正答率) は、シャドーイングタスク後は事前と比べて有意に高くなるが、リスニングタスク後は事前と比べて変化がみられない。

⑥黙読時間はシャドーイングタスク後に有意に短縮されるものの、リスニングタスク後では変化がない。また、黙読速度は、今度は、両タスクの後でもともに有意に速くなったが、シャドーイング後の方がさらに高速化する傾向が見られる。

以上の諸点から、

(1)シャドーイングが、特にブローカ野、前頭連合野において、リスニングよりも活発な脳内処理を実現させる課題になる、

(2)黙読時の内的リハーサルについて、シャドーイングとリスニング課題後で、何ら有意な差を生

み出さない,

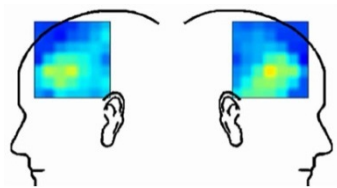
(3)シャドーイングトレーニング後の内的リハーサルが高速化するという, 先行する行動実験の結果が改めて確認できるが, この内的リハーサルの高速化が, NIRS による脳内処理プロセスには, 特に反映されていない, ことが示唆される. この(3)の原因については, 特に今後の検討課題としたい.

参考文献

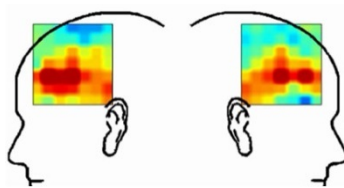
- [1] 門田修平, (2007). 『シャドーイングと音読の科学』コスモピア.
- [2] 門田修平, (2012). 『シャドーイング・音読と英語習得の科学』コスモピア
- [3] 玉井健, (2012). 『リスニング指導法としてのシャドーイングの効果に関する研究』風間書房.
- [4] Hori, T. “Exploring Shadowing as a Method of English Pronunciation Training. A Doctoral Dissertation Submitted to The Graduate School of Language, Communication and Culture, Kwansei Gakuin University, 2008.
- [5] Mori, Y. (2011). Shadowing with oral reading: Effects of combined training on the improvement of Japanese EFL learners' prosody. *Language Education & Technology* 48, 1-22.
- [6] Miyake, S. (2009). Cognitive processes in phrase shadowing: Focusing on articulation rate and shadowing latency. *JACET Journal*, 48, 15-28.
- [7] 三宅滋. (2009). 日本人英語学習者の復唱に関する考察 JACET リーディング研究会・大学院言語コミュニケーション文化研究科共催講演会. 関西学院大学大阪梅田キャンパス.
- [8] 三宅滋. (2009). 日本人英語学習者の復唱における再生率と発話速度の変化の考察. 『ことばの科学研究』10, 51-69.
- [9] 川崎真理子・門田修平・野呂忠司・長谷尚弥・中野陽子・氏木道人・中西弘(2012). 英語リーディングにおける内的音声処理にシャドーイングが与える影響 第38回全国英語教育学会愛知研究大会研究発表 日進: 愛知学院大学
- [10] Kadota, S., Shiki, O., Hase, N., Kawasaki, M., Kazai, K., Nakano, Y., Nakanishi, H., Noro, T. (2012). The Effect of Shadowing on the Subvocal Process in L2 Reading: A Behavioral Experiment for Japanese EFL Students. A Paper Presented at the AAAL Conference, Boston 2012. Boston: Sheraton Hotel.
- [11] Okamoto, M., Dan, H. Sakamoto, K. Takeo, K., Shimizu, K., Kohno, S., Oda, I., Isobe, S. Suzuki, T., Kohyama, K., and Dana, I. (2004). Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping. *NeuroImage*, 21, 99-111.

付録 1

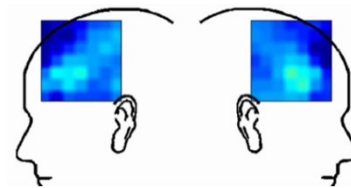
シャドーイング, リスニング条件毎の各課題開始後 20 秒時点での脳活動のイメージ



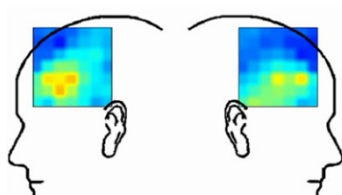
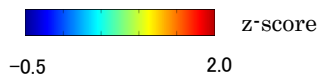
黙読 pre シャドーイング
課題開始後 20 秒



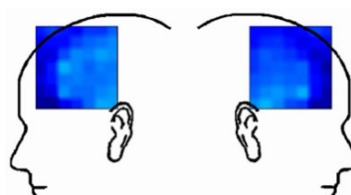
シャドーイング
課題開始後 20 秒



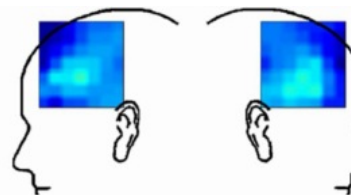
黙読 post シャドーイング
課題開始後 20 秒



黙読 pre リスニング
課題開始後 20 秒



リスニング
課題開始後 20 秒



黙読 post リスニング
課題開始後 20 秒