

日本語での中和環境における英語音/f/, /h/の知覚 —後続母音との cross-splicing による検証

青柳 真紀子 (獨協大学)・Yue WANG (Simon Fraser University)
aoyagi@dokkyo.ac.jp, yuew@sfu.ca

1. はじめに

本研究では、日本語の音韻規則 (fu-hu の中和) が引き起こす英語音/f/と/h/の同定困難 (青柳・Wang, 2017) について、その要因が子音部の音響特徴ではなく、後続する/u/の提示そのものにあることを、子音部と各種後続母音との cross-splicing によって検証した。これによって、母語の音韻規則の影響を改めて示すと同時に、音声知覚が音節単位でなされており、母音を聞き終わった後に逆行して子音を同定し直すプロセスの存在を検討する。

英語の/f/と/h/はそれぞれ日本語の/φ/と/h/として知覚同化され、/f/-/h/の対立は概して/φ/-/h/として保たれる (例: ファ vs ハ)。一見すると、/f/と/h/の聞き分けは容易に思われる。ところが、日本語/hu/は/h→[φ]となるため、/φu/と/hu/はともに[φu]として中和し、区別がなくなる (フ vs フ)。これにより、日本語話者にとって *fah-hah*¹ (/fa/-/ha/) の同定は容易である一方、*Fu-who*² (/fu/-/hu/) の同定は困難となり得る。

青柳・Wang (2017) は、*fee/he*, *foe/hoe*, *Fu/who* 等の有意味語、およびそれらの語から抽出した子音部を用いて同定実験を行った結果、(i) *Fu/who*, *few/Hugh*³ の識別感度 (*d'*スコア)⁴ が著しく低く同定が困難であること、さらに、(ii) /fa, ha/や/fi, hi/から抽出した摩擦部/f/, /h/のみの同定はほぼ問題がなく、抽出元全体の/fa, ha/, /fi, hi/では同定が向上する一方で、/fu, hu/から抽出した/f/, /h/はより難しくなるのみならず、抽出元全体の/fu, hu/を提示すると、子音部のみよりもさらに感度が低下することが示され、/u/の提示がもたらす母語の音韻規則 (fu-hu の中和) の知識が強く影響していることが示唆された (2.3 節参照)。

しかし、各母音環境から抽出された/f/, /h/はその後続母音の同時調音情報を含むので、上記の結果は、中和規則の影響だけでなく、/fu, hu/から抽出した子音 (f(u), h(u)) が他の母音環境 (f(a, i), h(a, i)) よりも音響的に類似していることにより同定が困難になったという可能性を排除できない。そこで本研究では、/a, i, u/環境 (*fa/hah*, *fee/he*, *Fu/who*) から抽出した/f/と/h/ (f(a)/h(a), f(i)/h(i), f(u)/h(u)) と後続母音 (_a, _i, _u) を cross-splice した刺激を用いて同定実験を行い、/u/の環境の影響をさらに検証した。

2. 先行研究

2.1. /f/と/φ/

日本語にはない無声唇歯摩擦音/f/は、一般に無声両唇摩擦音/φ/に知覚同化され、英語の/f/-/h/の対立は日本語の/φ/-/h/の対立として概して保たれる (例: ファ vs ハ)。しかし、既述のように、/φ/は元来/_u/の環境での/h/の異音であることから、/hu/と/φu/はともに[φu]として中和し、対立を失う (フ vs フ)。唇での摩擦の有無やその程度は対立を作らないので、[h]と[φ]は相互交換的で、音声的には両者の間のどの辺りでも出現する。この

¹ *fa* は音符名 (ドレミ「ファ」), *hah* は間投詞. ² *Fu* は中国人名「溥」「付」(*Mr. Fu*). ³ *Hugh* は人名「ヒュー」.
⁴ 強制二者択一法では一刺激ごとの正答率は同定力を反映し得ないため、本稿でも、信号検出理論に基づいて f と h への反応の間にある偏りから算出する *d'* を使用し、f/h ペアとしての同定識別力を検討する。

ように、日本語において調音的・聴覚的に区別する必要がないことから、これが転移して英語でも/fu/と/hu/の同定は難しくなり、これは/fa/と/ha/等と比べても明らかである。

外来語借入の古いものは、/f/は母音付きの/φu/で代用された (Irwin, 2011) (例: *fan* > /φu.an/ “ファン”, *film* > /φu.i.ru.mu/ “フィルム”, *felt* > /φu.e.ru.to/ “フェルト”)。後に、/uV/が二重母音化、さらには/u/が脱落して、今日では/f/は子音/φ/単体で代用されることが多い (例: *fan* > /φan/ “ファン”, *film* > /φi.ru.mu/ “フィルム”, *felt* > /φe.ru.to/ “フェルト”)。しかし、これら新旧の音形は必ずしも二分的ではない。二音節書きと一音節書きの混在は未だ多く、また音声的にも、“ファン”と“ファン”等では[φu.an] ⇔ [φ^uan] ⇔ [φan]のような連続性はよく聞かれることから、/f/は/φ/単体で代用されているとはいえ、/fV/を/φuV/ととらえること (例: /fa/を/φua/, /fi/を/φui/ 等) は整合性がある (3.2.2 節参照)。

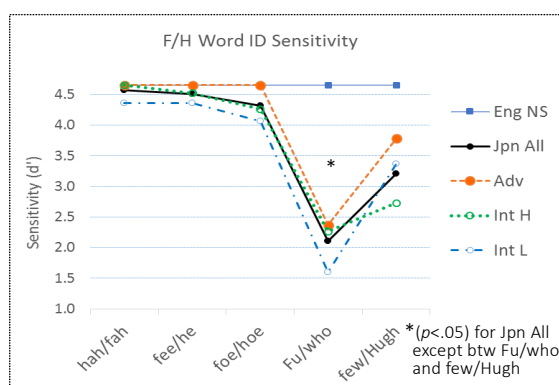
2.2. /f/と/h/の知覚

英語摩擦音の音響的な特徴とそれに基づく知覚については Jongman *et al.* (2000) 等が詳しいが、/h/は含まれていない。/h/は特定の狭窄点を持たず固有の音響特徴が少ないことから、摩擦音の音響的・知覚的比較に含まれないことが多い。

また、日本語話者による/fu/, /hu/の知覚については報告が多くない。Guion, *et al.* (2000) は日本語話者による英語子音知覚を詳細に検討しているが、困難な英語子音対 (l/r, th/s, v/b 等) の中に f/h を含んでいない。数少ない実証実験の一つとしては Lambacher *et al.* (2001) がある。日本人大学生 100 余名を対象に無意味音節を使った英語子音同定実験を行った結果、/f/と/h/は、/u/の環境 (/u/, /u_/, /u_/) で正答率と識別感度が低く、クラスター分析によって、/u/の環境の/f/と/h/が最も近く分類されると示しているが、この識別困難の要因については考察されていない。

2.3. 青柳・Wang (2017) — Who is Fu?

青柳・Wang (2017) は、英語話者と日本語話者を対象として、*fee/he*, *fa/fah*, *foe/hoe*, *Fu/who*, *few/Hugh*, および *fee/he*, *fa/hah*, *Fu/who* から抽出した子音部 f(i)/h(i), f(a)/h(a), f(u)/h(u) を刺激として、語と子音の同定実験を行った。図 1 は各対語の識別感度 (*d'*スコア) である。



主な結果として：

- 英語話者 (Eng NS) は母音環境にかかわらず、f/h 識別に問題は無い。
- 日本語話者 (Jpn) は /u/ の環境 (*Fu/who*, *few/Hugh*) で識別感度が低く、同定が困難。
- 学習上級者でも、/u/環境で f/h の同定が困難。
- 語彙効果 (頻出語に回答する偏り) がある。
(*Fu* より *who*, *Hugh* より *few* を回答)

図 1. f/h 語彙同定の識別感受性 (EngNS, Jpn) (青柳・Wang, 2017: 図 2 より)

次に、表 1 (抽出子音部のみと、その抽出元の語全体の識別感度の比較) を見ると、日本語話者も各語から抽出した子音 f/h のみでの同定ができることがわかる、特に f/h(a)と f/h(i)ではほぼ問題ない (f/h(a) : *d'* = 4.37. f/h(i) : *d'* = 4.05 等)。また、f/h(u)では感度は下

表 1. 「抽出された C」と「抽出元の語全体 CV」の識別感度比較 (Jpn)

	抽出 C f/h(a)	CV fah/hah	抽出 C f/h(i)	CV fee/he		抽出 C f/h(u)	CV Fu/who
Jpn All	4.37	↗	4.05	↗	VS	2.91	↘
Advanced	4.65	↗	4.42	↗		3.89	↘
Int'med H	4.50	↗	3.64	↗		2.67	↘
Int'med L	3.89	↗	4.31	↗		2.31	↘

がるものの、 d' は3前後で、ある程度は識別できると思われる。

注目すべきは、*Fu/who* から抽出した $f/h(u)$ の感度は ($d' = 2.91$ 等)、その抽出元の全体である *Fu/who* ($d' = 2.10$ 等) よりも高いことである。通常、C 単独よりも CV の方が情報量も多く C の同定が容易になると思われる ($C < CV$)。実際、英語話者の全刺激と日本語話者の $f/h(a, i)$ ではそのような反応であった。一方、 $/u/$ 環境では、単独で聞こえていた C が、その C から始まる CV 全体が提示されると聞こえなくなるという逆転現象が起こっている。 $/u/$ を聞くと、日本語では音素対立環境ではなく異音変異であるという音韻規則の知識とそれに基づく音声知覚の経験があることが要因であると示唆された。

しかし、各母音環境から抽出された子音 f/h は、後続母音の同時調音の情報が含まれており、 $/u/$ の環境 (語および抽出子音) で f/h の識別感度が低下するのは、この環境における f/h が他の母音環境でよりも音響的に近く、混同しやすかったからであるという可能性を捨てきれない。そこで、各母音環境から抽出した子音に、別の母音を挿げ替える cross-splicing を行い、その同定実験を行った。予測通りに、識別に問題のなかった $f/h(a)$ や $f/h(i)$ の子音単独に $/u/$ を接続した際に識別が低下し、 $f/h(u)$ の子音に $/a/$ や $/i/$ を接続した際に識別が向上するとすれば、 $/u/$ 環境における f/h の識別の困難は、その子音自体ではなく後続の $/u/$ の提示そのものにあるという仮説が裏付けられることになる。

3. 実験

3.1. 方法

<刺激> 青柳・Wang (2017) で使用した *fee/he*, *fa/fah*, *Fu/who* (4 人の発話) から抽出した子音部: $f(i)$, $h(i)$, $f(a)$, $h(a)$, $f(u)$, $h(u)$ と、各語の母音部: $_{i}$, $_{a}$, $_{u}$ をそれぞれ cross-splice した (接続した刺激は " $f(i)_{a}$ " のように表記)。 $/f/$ には f の語の母音部を、また $/h/$ には h の語の母音部) を接続した。なお、 $f(i)_{i}$ 等、原音 (6 語) に戻るような操作はしないこととする。

$$\left. \begin{array}{l} f/h(i) \\ f/h(a) \\ f/h(u) \end{array} \right\} \text{子音 2 種 (×抽出元母音 3 種)} \quad \times \quad \left. \begin{array}{l} _i \\ _a \\ _u \end{array} \right\} \text{後続母音 3 種} = 12 \text{ 種}^* \quad (18 - 6 = 12) \\ \text{*原音 6 種を除く}$$

また、比較のために青柳・Wang (2017) の同定実験を追試し、*fee/he*, *fa/hah*, *Fu/who* および抽出子音のみ $f/h(i, a, u)$ も分析対象とした。よって、(1) 4 人の音源、(2) 24 刺激 (i) 子音×母音の cross-splice 刺激 12 種、(ii) 上記の語全体 6 種、(iii) 抽出子音部のみ 6 種)、(3) 4 回繰返し、合計 384 個の刺激が準備され、第一ブロック (上記(i)と(ii)の語彙同定) と第二ブロック ((iii)の子音のみの同定) に分けて音声分析編集ソフト *praat* の実験プログラム上に搭載された。第一ブロックは語の判断を求めるもので、これを先に実施することにより、第二ブロック実施によって起こり得る子音部のみに集中するという影響の軽減を図った。

<被験者と手順> 実験には日本語母語話者大学生 20 名 (19 - 22 歳) と参考比較群として英語母語話者 7 人 (40 - 68 歳) が参加した。被験者は実験語の音と意味の確認をしてから、静かな部屋で実験プログラムによってヘッドセットからランダムに提示される音刺激を聞き、PC 画面上に表示される語または子音をキー操作によって強制二者択一した。フィードバックはなく、回答をすると約 2.5 秒後に次の刺激が提示された。最初に手順の練習をした後、休憩を 4 回入れながら、全体で 30 分前後の実施であった。

3.2. 結果と考察

3.2.1. 追試結果 (抽出子音 C と語全体 CV)

青柳・Wang (2017) の追実験の結果として、英語母語話者は語の同定は完璧で ($d' = 4.65$, 理論的最高値), 子音のみもほぼ完璧であった ($f/h(a)$: 4.65, $f/h(i)$: 4.52, $f(u)$: 4.42)。次に、日本語話者の語と抽出子音のみの識別感度を表 2 に示す。まず、右列が示すように、*fa/hah*

表 2. 「抽出子音部のみ」と「抽出元の語全体」の同定 (識別感度) の比較 (日本語話者)

Excised C only	d'		Whole word	d'
f/h (a)	4.26	↗	fa/hah	4.27
f/h (i)	4.38	↗	fee/he	4.53
f/h (u)	3.14	↘	Fu/who	1.70

および *fee/he* では同定に問題がなく ($d' = 4.27, 4.53$), 一方で, *Fu/who* は著しく困難になる ($d' = 1.70$) ことが再確認された (対語種を要因とした ANOVA : $F(2, 38) = 33.125, p < .01$, Bonferroni で *Fu/who* に有意差: $p < .01$)。次に、左列が示すように、各語から抽出された子音のみでの同定が特に $f/h(a)$ と $f/h(i)$ で高く ($d' = 4.25, 4.38$), $f/h(u)$ では下がるものの ($d' = 3.14$) ある程度は識別できていると思われる (抽出元母音環境を要因とした ANOVA : $F(2, 38) = 14.598, p < .01$, Bonferroni で $f/h(u)$ に有意差: $p < .01$)。さらに重要なことに、子音部 $f/h(u)$ での同定よりも、抽出元の語全体 (*Fu/who*) の方が困難になることが追認された。

3.2.2. 子音 × 母音の cross-splicing

表 3 は、抽出子音部と別の母音を cross-splice した刺激の語彙同定の結果である。英語話者は全ての組合せにおいて、また日本語話者も多く組合せにおいて、抽出子音単体よりも cross-splice 刺激で識別感度が下がっている。これは、相反する音声をつなぎ合わせた非自然音声であるので想定内であるが、よく見ると両者間で反応パターンが違っている。

表 3. 「子音 × 母音を cross-splice した刺激」の同定 (a. 英語話者, b. 日本語話者)

Excised C only		spliced w/_a	_i	_u	Excised C only		spliced w/_a	_i	_u
f/h(a)	4.65	—	4.42	3.63	f/h(a)	4.26	—	4.14	1.83
f/h(i)	4.52	2.68	—	3.17	f/h(i)	4.38	4.08	—	2.04
f/h(u)	4.42	3.65	4.25	—	f/h(u)	3.14	3.73	3.78	—

(a) 英語話者 (b) 日本語話者

英語話者は、 $f/h(i)$ に $_a$ と $_u$ が後続した際に最大の低下を示し ($f/h(i)$: 4.52 $\searrow$ $f/h(i)_a$: 2.68), $\searrow$ $f/h(i)_u$: 3.17), 日本語話者は、 $f/h(a)$, $f/h(i)$ に $_u$ が後続した際に顕著な低下を示している

($f/h(a)$: 4.26 $\searrow$ $f/h(a)_{-u}$: 1.83, および $f/h(i)$: 4.38 $\searrow$ $f/h(i)_{-u}$: 2.04). また、日本語話者は、子音単独よりも splice 刺激で感度が低下する全体的傾向の中で、 $f/h(u)$ に $_{-a}$ と $_{-i}$ が後続した際には上昇している ($f/h(u)$: 3.14 $\nearrow$ $f/h(u)_{-a}$: 3.73, および $\nearrow$ $f/h(u)_{-i}$: 3.78). この低下と上昇のどちらも予測通りの結果であるが、とりわけ、子音単独で同定に問題のなかった $f/h(a, i)$ が、 $/u/$ が後続すると f/h の混同が起こってくるのは、まさに、子音ではなく母音 $/u/$ の影響であることを示す結果となった。

図3は、cross-splice 刺激の各組合せについて誤答を示したものである (例: $f(a)$ に $_{-u}$ を接続したときに Fu ではなく who と回答). まず、英語話者はどの $/f/$ にどの母音が後続しよう

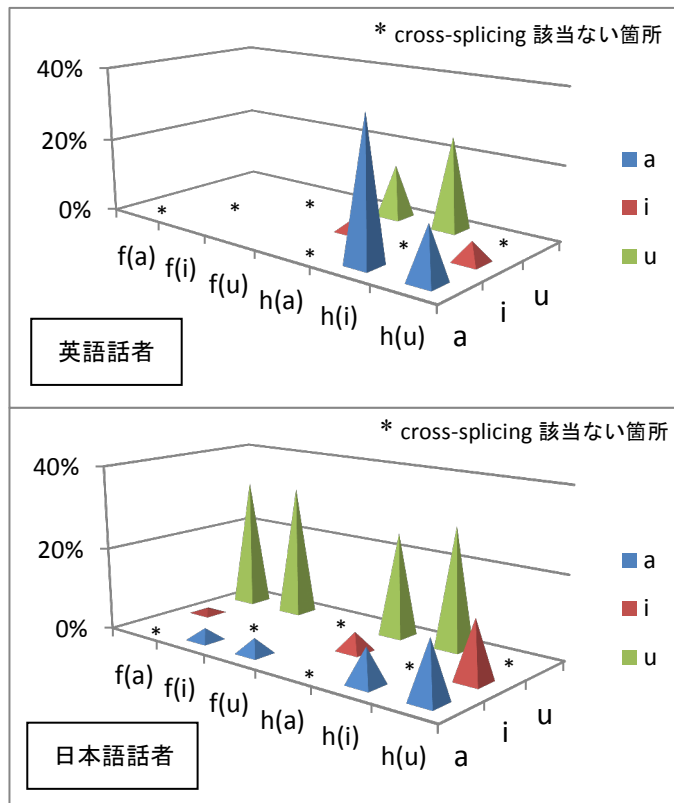


図3. Cross-splicing 組合せと誤答

うと $/f/$ と聞き、 $/h/$ と聞くことはない (図3上、左側). しかし、 $/h/$ に別母音が後続すると $/f/$ と聞くケースが現れる (同右側). $h(i)$ に $_{-a}$ や $_{-u}$, また $h(u)$ に $_{-a}$ が後続すると、それぞれ hah , who , hah ではなく、 fa , Fu , fa と反応することがかなりの率で見られる. この $/f/$ と $/h/$ の違いは、従前から言われる音響的な違いにあると思われる. $/f/$ は特徴的なスペクトルを持ち、かつ唇の開きが後続母音開始時のフォルマント推移に現れ、この両者が $/f/$ の知覚に寄与する (Jongman *et al.*, *ibid*) 一方で、 $/h/$ のスペクトルピークは後続母音のそれを先行しているのでフラットなままでフォルマント推移がない (竹林, 1996). $/h/$ の独自性というよりも、いわば、後続母音の無声開始部である。

実際、 $f(a, i, u)$ を聞いても抽出元の母音はほぼ分からないが、 $h(a, i, u)$ では分かることが多く、実験後調査でも多くの被験者がそう答えている. よって、最も狭い調音であり、 $/f/$ のスペクトルピークに近づく $/i/$ の $F2$ の響きを持つ $h(i)$ から、 $_{-a}$ や $_{-u}$ に開いていくフォルマント推移を、 $/fV/$ のそれと聞くこともあると思われる. このように、抽出した $/h/$ に別の母音を後続させると (例: $h(a)_{-i}$), $/h/$ の疑似フォルマントは母音フォルマント開始時に突如変化を起こすので自然度が落ちることがある. その結果、両方の母音が聞こえることもあり、反応のパターンも若干複雑なものとなった. その点、 $/f/$ の splice 刺激は自然で、母音は一つしか聞こえない. $/f/$ の splice 刺激を中心に結果を解釈することが妥当であると思われる. すると、英語話者は、 $/f/$ にどの母音が後続しても $/h/$ に聞くことがない (cf. Foulkes, 1997) ことが参照点となる。

一方、日本語話者が $/f/$ を $/f/$ と聞くのは後続が $_{-a}$ と $_{-i}$ のときのみであって、 $_{-u}$ の環境ではかなりの率で $/h/$ と混同する. $f(a)$, $f(i)$ は抽出子音単独で聞こえていたが (表3(b), 左列),

_u が後続すると (f(a)_u, f(i)_u) 困難になる (図 3 下, 左奥). /u/ の環境での識別困難はペアである /h/ 側にも現れていて, 単独で聞こえていた h(a), h(i) は, _u が後続するとかなりの率で /f/ と誤る (同, 右奥). 英語話者の正誤が /f/, /h/ で異なることは音響的な特徴に起因していると思われるが, 日本語話者の正誤は, /f, h/ にかかわらず, また /f, h/ が持つ抽出元母音からの同時調音情報にかかわらず, /u/ の提示そのものが影響していることがわかる.

さらに, 上記とは別に, /hu/ に関連して興味深い結果が得られた. 日本語話者が h(u) に _a や _i が後続すると /f/ を聞くことである (図 3 下, 右手前). h(u) も抽出元母音の /u/ の音色を持っており, そこに _a や _i が後続すると [ɸua] ~ [ɸ^ua] や [ɸui] ~ [ɸ^ui] となり, これを /fa/ や /fi/ と聞いたのではないだろうか. /f/ を日本語化した際の特徴が影響した可能性が考えられる (2.1 参照). 音声の推移を聞くという点では一緒だが, 英語話者 (h(i)_a を /fa/ と聞く) と日本語話者 (h(u)_i を /fi/ と聞く) ではその捉え方が違うことがわかる.

4. 結論と今後の展望

以上見てきたように, 日本語話者は, 子音単独では /f/, /h/ の同定がかなりできるが, /u/ 環境の語 (Fu/who) では困難となる. また, /a/ や /i/ の環境から抽出された (i.e. /u/ の特徴を持たない) /f, h/ は同定に問題がなかったものが, /u/ が後続すると困難になることから, その子音ではなく, /u/ の提示そのものが要因であることが裏付けられた.

/u/ の提示は, 日本語では音素対立環境ではなく異音変異を示すもので, より高次の音韻規則の知識が, “今不要な” 音声レベルの知覚能力を鈍化または潜在化させるプロセスが示唆される (cf. Boomersshine *et al.* 2008). また, 一連の結果は音節単位での音声知覚に一致している. 頭からセグメント毎に順次処理するとすれば, C のみで聞こえていたものが, その C から始まる CV で聞こえなくなることはない. 冒頭から入っているであろう C の音響情報を, V まで聞いてその処理の仕方を変えている可能性を支持する結果となった.

謝辞: 本研究の一部は Simon Fraser University, Language and Brain Lab と Department of Linguistics の協力と助成を受けて行われました. ここに感謝します.

引用文献

- 青柳 真紀子・Wang, Yue (2017) 「日本語での中和環境における英語音の知覚 — Who is Fu?」『第 31 回日本音声学全国大会予稿集』(pp. 142-147)
- 竹林 滋 (1997) 『英語音声学』東京: 研究社.
- Boomersshine, A., Hall, K., Hume, E. & Johnson, K. (2008) “The impact of allophony vs contrast on speech perception,” In Avery, Dresher & Rice (eds) *Phonological Contrast*. N.Y.: Mouton de Gruyter.
- Foulkes, P. (1997) “Historical laboratory phonology – Investigating /p/ > /f/ > /h/ changes,” *Language and Speech*, 40 (3), 249-276.
- Guion, S., Flege, J., Akahane-Yamada, R. & Pruitt, J. (2000) “An investigation of current models of second language speech perception The case of Japanese adults’ perception of English consonants,” *J. Acoustical Society of America*, 107 (5), Pt. 1, 2711-2724.
- Irwin, M. (2011) *Loanwords in Japanese*. Amsterdam: John Benjamins
- Jongman, A., Wayland, R. & Wong, Serena. (2000) “Acoustic characteristics of English fricatives,” *J. of Acoustical Society of America* 108 (3), Pt. 1, 1252-1263.
- Lambacher, S., Martens, W., Nelson, B. & Berman, J. (2001) “Identification of English voiceless fricatives by Japanese listeners: The influence of vowel context on sensitivity and response bias,” *Acoustical Science and Technology*, 22 (5), 334-343.