

大型 fNIRS 機 (OMM-3000) と 携帯型 fNIRS 機 (LIGHTNIRS) の相関性研究

田浦秀幸

OMM-3000 と LIGHTNIRS は島津製作所により開発された、近赤外光を用いて非侵襲的に脳賦活を間接的にヘモグロビン濃度と光路長により計測する光脳イメージング装置である。OMM-3000 がコピー機の上にモニターを乗せたほどの大きさがあるのに対して、LIGHTNIRS はバックパックに本体が収納できるサイズ (縦横 25 × 20 センチで厚みが7センチ) であり、被験者への物理的・心的負担は相当異なる。



図1 OMM-3000 に 3 × 9 フレキシブルキャップを使って 42 チャンネル全てにプローブを装着した状態



図2 LIGHTNIRS に 2 × 8 フレキシブルキャップを使って 21 チャンネル全てにプローブを装着した状態

国際10-20法に沿ったFpz等の同定後プローブキャップの装着は両機種とも同じ手順を踏むが、LIGHTNIRSは前額部装着を想定しているので、予めプローブがはめ込まれており、光量チェックで不足部分だけ髪の毛を分けて再装着すれば良く、装着が格段に早く済む。またOMM-3000では装着後タスク遂行中に、そのプローブの多さから、協力者はどうしても頭部が後ろに引っ張られるような感じを受けることになるが、LIGHTNIRSではバックバックに本体が収納され、その部分までのプローブケーブルの長さも短く、拘束感は全く異なる。fMRIではトンネル状の暗い筒の中で頭部が動かないように拘束され、騒音のする中タスクを遂行する一方で、OMM-3000は椅子に座ってタスクが遂行できるのでより自然な環境での言語データが収集できる。更にLIGHTNIRSでは頭部装着のプローブ以外殆ど拘束感を感じずにタスク遂行ができるメリットがある。特にLIGHTNIRSでは体動補正機能も備えられているので、少々の体の動きは事後に補正できる為、実験者・協力者ともに体の動きに過度に神経質になる必要が無く、精神的負担も圧倒的に少ない。研究対象部位が前頭前野前額部であればLIGHTNIRSが使用できるので、もし大型機OMM-3000と同レベルの質のデータ収集ができるのであれば、被験者・実験者両者にとって負担が少ないLIGHTNIRSの活躍の場が広がることになる。そこでこの2機種のデータの相関性を探った。

データ収集と分析手法

両機ともに酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb)・脱酸素化ヘモグロビン (deoxy-Hb)・トータルヘ

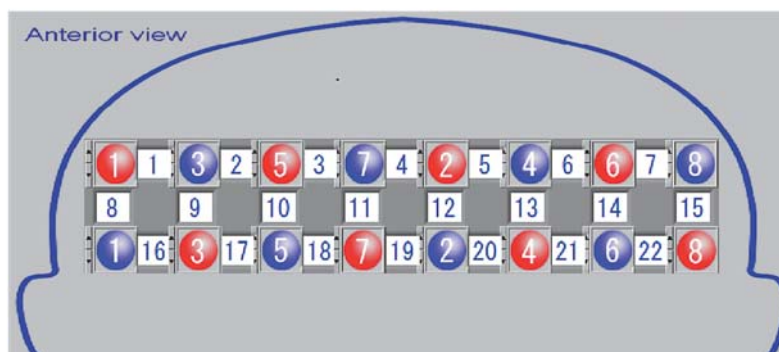


図3 OMM-3000 (上) 3×9のチャンネルとLIGHTNIRS (下) 2×8のチャンネル
(赤1プローブ位置が被験者の右耳上)

モグロビン (total-Hb) を計測できるので、言語流暢性タスクを同一研究協力者に課し、その際の fNIRS データを収集した。言語流暢性タスクではブローカ野とその右脳相当部が賦活するが、単語想起時に、文字流暢性タスクの方が範疇流暢性タスクよりも認知的葛藤負荷が多くかかることが知られており、前額部 Fp1 と Fp2 も対象部位とした。つまりブローカ野とその右脳相当部位に加えて Fp1 と Fp2 を比較研究の対象部位とした。

研究協力者は 24 才の右利き大学院生 (男性) で、学部時代に 1 年間英語圏留学体験があり英語が堪能である。国際 10-20 法により Fp1 は OMM-3000 計測では第 31, 32, 40 チャンネル, LIGHTNIRS 計測では第 12, 13, 20 チャンネルと同定された (図 3)。同様に Fp2 は、それぞれ第 28, 29, 37 チャンネルと第 10, 11, 18 チャンネル、ブローカ野は第 16, 25, 33 チャンネルと第 7, 15, 22 チャンネルに、その右脳相当部位は第 10, 18, 27 チャンネルと第 1, 8, 16 チャンネルと同定された。

言語流暢性タスク (Verbal Fluency Task, VFT) は、15 秒の E レストタスク (a,b,c,d,e を繰り返して言うタスク) 後に英語文字流暢性タスクが 2 文字 (それぞれ 15 秒間) 提示されその文字で始まる単語を出来るだけ沢山言うように指示された。同様の手順 (日本語タスク前の J レストタスクは「あ・い・う・え・お」を繰り返して言う) で、日本語文字流暢性タスクが 2 文字 (合計 30 秒間)、英語範疇流暢性タスクが 2 項目 (それぞれ 15 秒)、最後に日本語範疇流暢性タスクが 2 項目 (それぞれ 15 秒) 行われた (図 4 参照)。尚、最初のレストタスクのみ 15 秒で、その後のレストタスクは全て 30 秒であった (最初のレストタスクに入る前に研究協力者の心が落ち着き fNIRS 信号が安定するまで確認するのにかなりの時間モニターしているので、最初は 15 秒のみとした)。

最初に OMM-3000 を用いて、小休憩後に LIGHTNIRS を用いたデータ収集を行った。刺激提示は全て Panasonic 社の ノートパソコン Let's Note AX2 (液晶サイズ 13 インチ) 上で行い、OMM-3000 との同期にはソフト PPT2TTL を用いた。行動データに関しては、タスク (文字提示と範疇提示) 及び言語 (母語の日本語と第 2 言語の英語) の間にほとんど差が無かった (LIGHTNIRS での実験時、英語文字 13 語、日本語文字 15 語、英語範疇 13 語、日本語範疇 16 語の産出であった)。これはあくまで単語産出数に関して差がなかった事を示しているだけで、脳内賦活様態に関しては fNIRS データで判断することになる。つまり母語同様の産出量であっても、母語以上に脳賦活が高スピードで起こっていたのか、母語と同様の脳賦活、つまり自動化が既に脳神経ネットワークにできあがった結果としての産出量であったかは fNIRS データの解析を待たないといけない。

収集データは、タスク間及び 2 機種間比較が可能ないように先ず標準化を行った。次に各タスク当初 15 秒間の fNIRS データと、直前のレストタスク最後の 15 秒間の fNIRS データの差分を取り、純粋にタスク特性が出る fNIRS データとした。例えば「あ・い・う・え・お」を繰り返

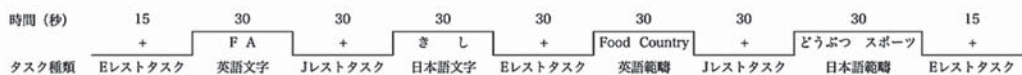


図 4 言語流暢性タスクのブロックデザイン

すレストタスクでは、日本語スライドを見て、文字を認識して、発話する一連の作業が必要であるのに対して、「き」で始まる単語を想起して言うタスクでは、日本語スライドを見て、文字を認識して、発話する一連の作業の中に「き」で始まる単語を想起する作業も必要となる。両タスクの差分を取ることで「き」で始まる単語を想起する作業にだけ起因するデータを抽出できる。これを日英語文字流暢性タスク (Jletter/Eletter) と日英語範疇流暢性タスク (Jcat/Ecat) の4タスクそれぞれに対して機種ごと (OMM-3000/LIGHTNIRS) に行い、都合8種類の下分析データを得た。8種類のデータにはそれぞれ下位区分として、酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb)・脱酸素化ヘモグロビン (Deoxy-Hb)・トータルヘモグロビン (Total-Hb) が含まれる (合計24種類)。更に各タスク遂行時の4脳部位 (認知的葛藤を調べる左前額部 Fp1 と右前額部 Fp2, 及び言語処理を司るブローカ野とその右脳相当部) を調査対象としているので、最終的に96種類のデータを相関関係を調べるために揃える必要があった。

タスク別・部位別・ヘモグロビン別に2種類のfNIRSデータのピアソン相関係数をSPSSを用いて求めた結果が以下の表1と表2である。

fNIRS研究では代表値として酸素化ヘモグロビン値を使うことが多いので、表3の中でも特に上から4段に記載されている酸素化ヘモグロビンに注目する。対象タスクが言語流暢性タスクであるので、最も注目すべきはブローカ野 (表の網掛け部分) であるが、全てのタスクにおいて2機種間に正の相関関係が確認できた。言語タスク遂行時には右脳のブローカ野相当部位の賦活も通常観察できるが、この部位に関しては母語である日本語の文字流暢性タスク (Jletter) にのみ相関関係が見られ、同じ母語でも範疇流暢性タスク (Jcat) では関連性が一切無く、第二言語である英語では文字 (Eletter)・範疇流暢性 (Ecat) 両タスク共に相関関係が一切見られなかった。Fp1 と Fp2 は、認知的葛藤が表出する部位であり、母語よりも第2言語処理時、また同じ言語であれば範疇タスクよりも文字タスクの方が多くのシグナルが検出できる部位である。確かにFp2 (右前額部) では、日本語文字・範疇タスクと英語文字タスクの3タスクにおいて2機種間で相関関係が認められる。しかし、英語流暢タスクでは負の相関関係があり、これは2機種間で正反対のfNIRS信号が検出されていることを意味する点で、認知的葛藤タスク時の前額部の計測値に相関関係があるとは言いがたい。Fp1 相関も日本語文字タスクにしか検出されておらず、やはり2機種間の相関性が高いとは言えない。表3の中段 (脱酸素化ヘモグロビン値) や下段 (トータルヘモグロビン値) の2機種間の相関係数結果からも特段明瞭な相関性が見出せないが、あえて指摘すると母語の文字流暢性タスク (Jletter) では、酸素化ヘモグロビンとトータルヘモグロビン値に関して、OMM-3000 と LIHGTNIRS の相関性がブローカ野・Fp1・Fp2 の3部位で高い傾向が窺える。

相関関係を調べているのでt検定は不要であるが、繰り返しのあるt検定を4タスクに関して2機種間で行った結果が以下の表4である。英語文字流暢性タスク遂行時のブローカ野と日本語文字流暢性タスク遂行時のブローカ右脳相当部位において、酸素化ヘモグロビン値は2機種間で有意差が無い (表4最右端)、つまり相関関係があることが判明した。

上記結果は僅か1人からのデータであるので、より多くのデータ及び異なる種類のタスク (特に認知的葛藤が強く誘発されるタスク) 遂行時のデータを収集する必要があるが、少なくとも本検証研究結果から導かれるのは、言語タスク遂行時のブローカ野の酸素化ヘモグロビ

大型 fNIRS 機 (OMM-3000) と携帯型 fNIRS 機 (LIGHTNIRS) の相関性研究 (田浦)

表 1 英語文字 (Eletter)・日本語文字 (Jletter) 流暢性タスク時の OMM-3000 vs LIGHTNIRS 相関

Eletter				Jletter				
LightFp1Oxy	Pearson の相関係数	LightFp1Oxy	OMMFp1Oxy	LightFp1Oxy	Pearson の相関係数	LightFp1Oxy	OMMFp1Oxy	
	有意確率 (両側)	1	0.117		有意確率 (両側)	1	.336*	0.005
	平方和と積和	107.739	6.69		平方和と積和	22.511	9.821	0.149
	共分散	1.632	0.101		共分散	0.341	0.067	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp1Deoxy	OMMFp1Deoxy	LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp1Deoxy	OMMFp1Deoxy	
	有意確率 (両側)	1	-0.116		有意確率 (両側)	1	-.249*	0.043
	平方和と積和	22.441	-2.153		平方和と積和	6.149	-4.298	0.065
	共分散	0.34	-0.033		共分散	0.093	-0.065	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightFp1Total	Pearson の相関係数	LightFp1Total	OMMFp1Total	LightFp1Total	Pearson の相関係数	LightFp1Total	OMMFp1Total	
	有意確率 (両側)	1	0.157		有意確率 (両側)	1	.614**	0
	平方和と積和	89.752	7.473		平方和と積和	14.957	13.817	0.209
	共分散	1.36	0.113		共分散	0.227	0.209	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightFp2Oxy	Pearson の相関係数	LightFp2Oxy	OMMFp2Oxy	OMMFp2Oxy	Pearson の相関係数	OMMFp2Oxy	LightFp2Oxy	
	有意確率 (両側)	1	.321**		有意確率 (両側)	1	.348**	0.004
	平方和と積和	65.822	12.567		平方和と積和	39.551	8.041	0.122
	共分散	0.997	0.19		共分散	0.599	0.122	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp2Deoxy	OMMFp2Deoxy	LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp2Deoxy	OMMFp2Deoxy	
	有意確率 (両側)	1	-0.137		有意確率 (両側)	1	.303*	0.013
	平方和と積和	33.968	-3.394		平方和と積和	9.878	3.983	0.06
	共分散	0.515	-0.051		共分散	0.15	0.06	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightFp2Total	Pearson の相関係数	LightFp2Total	OMMFp2Total	LightFp2Total	Pearson の相関係数	LightFp2Total	OMMFp2Total	
	有意確率 (両側)	1	.368**		有意確率 (両側)	1	.280*	0.022
	平方和と積和	80.842	16.387		平方和と積和	15.66	7.887	0.119
	共分散	1.225	0.248		共分散	0.237	0.119	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	LightBrocaOxy	OMMFrocaOxy	LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	LightBrocaOxy	OMMFrocaOxy	
	有意確率 (両側)	1	.268*		有意確率 (両側)	1	.770**	0
	平方和と積和	17.46	4.496		平方和と積和	22.851	42.901	0.65
	共分散	0.265	0.068		共分散	0.346	0.65	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	LightBrocaDeoxy	OMMFrocaDeoxy	LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	LightBrocaDeoxy	OMMFrocaDeoxy	
	有意確率 (両側)	1	0.051		有意確率 (両側)	1	0.131	0.291
	平方和と積和	52.227	2.553		平方和と積和	23.828	3.338	0.051
	共分散	0.791	0.039		共分散	0.361	0.051	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	LightBrocaTotal	OMMFrocaTotal	LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	LightBrocaTotal	OMMFrocaTotal	
	有意確率 (両側)	1	0.22		有意確率 (両側)	1	.683**	0
	平方和と積和	62.844	10.633		平方和と積和	43.401	49.27	0.747
	共分散	0.952	0.161		共分散	0.658	0.747	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaOxy	OMMF右BrocaOxy	Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaOxy	OMMF右BrocaOxy	
	有意確率 (両側)	1	0.098		有意確率 (両側)	1	.317**	0.009
	平方和と積和	68.406	5.874		平方和と積和	11.83	8.5	0.129
	共分散	1.036	0.089		共分散	0.179	0.129	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaDeoxy	OMMF右BrocaDeoxy	Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaDeoxy	OMMF右BrocaDeoxy	
	有意確率 (両側)	1	0.235		有意確率 (両側)	1	0.005	0.97
	平方和と積和	133.168	21.06		平方和と積和	18.746	0.091	0.001
	共分散	2.018	0.319		共分散	0.284	0.001	0.005
	N	67	67		N	67	67	67
Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	Light右BrocaTotal	OMMF右BrocaTotal	Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	Light右BrocaTotal	OMMF右BrocaTotal	
	有意確率 (両側)	1	0.194		有意確率 (両側)	1	0.049	0.693
	平方和と積和	157.588	22.607		平方和と積和	18.448	1.581	0.024
	共分散	2.388	0.343		共分散	0.28	0.024	0.005
	N	67	67		N	67	67	67

表2 英語範疇 (Ecat)・日本語範疇 (Jcat) 流暢性タスク時の OMM-3000 vs LIHGTNIRS 相関

Ecat				Jcat			
LihgtFp1Oxy	Pearson の相関係数	LihgtFp1Oxy	OMMFp1Oxy	LihgtFp1Oxy	Pearson の相関係数	LihgtFp1Oxy	OMMFp1Oxy
	有意確率 (両側)	1	-0.155		有意確率 (両側)	1	0.227
	平方和と積和	63.331	-5.927		平方和と積和	26.703	7.075
	共分散	0.96	-0.09		共分散	0.405	0.107
	N	67	67		N	67	67
LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp1Deoxy	OMMFp1Deoxy	LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp1Deoxy	OMMFp1Deoxy
	有意確率 (両側)	1	-.518**		有意確率 (両側)	1	-.253*
	平方和と積和	16.199	-13.316		平方和と積和	6.827	-3.103
	共分散	0.245	-0.202		共分散	0.103	-0.047
	N	67	67		N	67	67
LightFp1Total	Pearson の相関係数	LightFp1Total	OMMFp1Total	LightFp1Total	Pearson の相関係数	LightFp1Total	OMMFp1Total
	有意確率 (両側)	1	0.208		有意確率 (両側)	1	.271*
	平方和と積和	33.764	5.392		平方和と積和	17.351	6.643
	共分散	0.512	0.082		共分散	0.263	0.101
	N	67	67		N	67	67
LightFp2Oxy	Pearson の相関係数	LightFp2Oxy	OMMFp2Oxy	LightFp2Oxy	Pearson の相関係数	LightFp2Oxy	OMMFp2Oxy
	有意確率 (両側)	1	-.321**		有意確率 (両側)	1	.399**
	平方和と積和	47.941	-10.488		平方和と積和	22.559	8.25
	共分散	0.726	-0.159		共分散	0.342	0.125
	N	67	67		N	67	67
LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp2Deoxy	OMMFp2Deoxy	LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp2Deoxy	OMMFp2Deoxy
	有意確率 (両側)	1	-.591**		有意確率 (両側)	1	-.338**
	平方和と積和	34.425	-19.506		平方和と積和	7.964	-2.997
	共分散	0.522	-0.296		共分散	0.121	-0.045
	N	67	67		N	67	67
LightFp2Total	Pearson の相関係数	LightFp2Total	OMMFp2Total	LightFp2Total	Pearson の相関係数	LightFp2Total	OMMFp2Total
	有意確率 (両側)	1	-0.01		有意確率 (両側)	1	0.199
	平方和と積和	38.016	0.939		平方和と積和	25.205	4.642
	共分散	0.576	-0.004		共分散	0.382	0.07
	N	67	67		N	67	67
LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	LightBrocaOxy	OMMBrocaOxy	LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	LightBrocaOxy	OMMBrocaOxy
	有意確率 (両側)	1	.335**		有意確率 (両側)	1	.284*
	平方和と積和	33.231	9.568		平方和と積和	40.536	9.182
	共分散	0.504	0.145		共分散	0.614	0.139
	N	67	67		N	67	67
LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	LightBrocaDeoxy	OMMBrocaDeoxy	LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	LightBrocaDeoxy	OMMBrocaDeoxy
	有意確率 (両側)	1	.368**		有意確率 (両側)	1	-0.007
	平方和と積和	45.37	17.729		平方和と積和	16.84	-0.103
	共分散	0.687	0.269		共分散	0.255	-0.002
	N	67	67		N	67	67
LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	LightBrocaTotal	OMMBrocaTotal	LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	LightBrocaTotal	OMMBrocaTotal
	有意確率 (両側)	1	0.099		有意確率 (両側)	1	0.176
	平方和と積和	57.48	4.327		平方和と積和	32.979	5.238
	共分散	0.871	0.066		共分散	0.5	0.079
	N	67	67		N	67	67
Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaOxy	OMM右BrocaOxy	Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaOxy	OMM右BrocaOxy
	有意確率 (両側)	1	-0.191		有意確率 (両側)	1	0.194
	平方和と積和	11.547	0.121		平方和と積和	40.033	7.085
	共分散	0.175	-0.051		共分散	0.607	0.107
	N	67	67		N	67	67
Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaDeoxy	OMM右BrocaDeoxy	Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaDeoxy	OMM右BrocaDeoxy
	有意確率 (両側)	1	.319**		有意確率 (両側)	1	0.157
	平方和と積和	67.507	15.943		平方和と積和	36.016	4.972
	共分散	1.023	0.242		共分散	0.546	0.075
	N	67	67		N	67	67
Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	Light右BrocaTotal	OMM右BrocaTotal	Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	Light右BrocaTotal	OMM右BrocaTotal
	有意確率 (両側)	1	-0.178		有意確率 (両側)	1	0.113
	平方和と積和	31.956	-6.363		平方和と積和	29.377	4.16
	共分散	0.484	-0.096		共分散	0.445	0.063
	N	67	67		N	67	67

表 3 2 機種データの相関性 (簡易まとめ)

	Eletter	Jletter	Ecat	Jcat
Fp1Oxy		○○		
Fp2Oxy	○○	○○	××	○○
BrocaOxy	○○	○○○	○○○	○○○
右脳BrocaOxy		○○		
Fp1Deoxy		×	×××	×
Fp2Deoxy		○○	×××	××
BrocaDeoxy			○○	
右脳BrocaDeoxy			○○	
Fp1Total		○○○		○
Fp2Total	○○	○		
BrocaTotal		○○○		
右脳BrocaTotal				
$r=0.10$ to 0.29 (small)	○		$r=-0.10$ to 0.29 (small)	×
$r=0.30$ to 0.49 (medium)	○○○		$r=-0.30$ to -0.49 (medium)	××
$r=0.50$ to 1.0 (large)	○○○○		$r=-0.50$ to -1.0 (large)	×××

表 4 2 機種間の fNIRS 値比較 (t 検定結果)

		平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t 値	自由度	有意確率 (両側)
Eletter	LightBrocaOxy - OMMBrocaOxy	-0.00269	0.60965	0.07448	-0.036	66	0.971
Jletter	Light右BrocaOxy - OMM右BrocaOxy	0.08026	0.9164	0.11196	0.717	66	0.476
Eletter	LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.19233	1.20396	0.14709	1.308	66	0.196
Eletter	Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	0.22681	1.51399	0.18496	1.226	66	0.224
Jletter	LightFp1Deoxy - OMMFp1Deoxy	-0.07282	0.98002	0.11973	-0.608	66	0.545
Jletter	LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.13066	0.82061	0.10025	1.303	66	0.197
Ecat	LightFp2Deoxy - OMMFp2Deoxy	0.11025	1.26204	0.15418	0.715	66	0.477
Ecat	Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	-0.00847	1.04926	0.12819	-0.066	66	0.948
Jcat	LightFp1Deoxy - OMMFp1Deoxy	-0.06166	0.72818	0.08896	-0.693	66	0.491
Jcat	LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.11984	0.67912	0.08297	1.444	66	0.153
Eletter	LightBrocaTotal - OMMBrocaTotal	0.01662	1.09124	0.13332	0.125	66	0.901
Eletter	Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	-0.22822	1.73264	0.21168	-1.078	66	0.285
Ecat	Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	0.13271	1.13387	0.13852	0.958	66	0.342

ン変化量に関しては高い相関性があり、逆にそれ以外の部位の他の種類のヘモグロビン値に関しては相関性がほとんど無いと言える。つまり従前より大型の OMM-3000 を用いて言語研究を縦断手法で行ってきた場合、ブローカ野に関しては LIGHTNIRS を用いても酸素化ヘモグロビンを対象とする限り相関性が保たれているが、それ以外の種類のヘモグロビンや研究対象が言語処理以外の場合は細心の注意を払って進める必要があることが判明した。

引用文献

- Cohen, J.W. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

補遺 1 相関係数で有意差群 (白抜き部分) Eletter と Jletter

Eletter				Jletter			
LhgtFp1Oxy	Pearson の相関係数	LhgtFp1Oxy	OMMFp1Oxy	LhgtFp1Oxy	Pearson の相関係数	LhgtFp1Oxy	OMMFp1Oxy
	有意確率 (両側)	1	0.117		有意確率 (両側)	1	.336**
	平方和と積和	107.739	6.69		平方和と積和	22.511	9.821
	共分散	1.632	0.101		共分散	0.341	0.149
	N	67	67		N	67	67
LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp1Deoxy	OMMFp1Deoxy	LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp1Deoxy	OMMFp1Deoxy
	有意確率 (両側)	1	-0.116		有意確率 (両側)	1	-.249*
	平方和と積和	22.441	-2.153		平方和と積和	6.149	-4.298
	共分散	0.34	-0.033		共分散	0.093	-0.065
	N	67	67		N	67	67
LightFp1Total	Pearson の相関係数	LightFp1Total	OMMFp1Total	LightFp1Total	Pearson の相関係数	LightFp1Total	OMMFp1Total
	有意確率 (両側)	1	0.157		有意確率 (両側)	1	.614**
	平方和と積和	89.752	7.473		平方和と積和	14.957	13.817
	共分散	1.36	0.113		共分散	0.227	0.209
	N	67	67		N	67	67
LightFp2Oxy	Pearson の相関係数	LightFp2Oxy	OMMFp2Oxy	OMMFp2Oxy	Pearson の相関係数	OMMFp2Oxy	LightFp2Oxy
	有意確率 (両側)	1	.321**		有意確率 (両側)	1	.348**
	平方和と積和	65.822	12.567		平方和と積和	39.551	8.041
	共分散	0.997	0.19		共分散	0.599	0.122
	N	67	67		N	67	67
LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp2Deoxy	OMMFp2Deoxy	LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	LightFp2Deoxy	OMMFp2Deoxy
	有意確率 (両側)	1	-0.137		有意確率 (両側)	1	-.303*
	平方和と積和	33.968	-3.394		平方和と積和	9.878	3.983
	共分散	0.515	-0.051		共分散	0.15	0.06
	N	67	67		N	67	67
LightFp2Total	Pearson の相関係数	LightFp2Total	OMMFp2Total	LightFp2Total	Pearson の相関係数	LightFp2Total	OMMFp2Total
	有意確率 (両側)	1	.368**		有意確率 (両側)	1	.280*
	平方和と積和	80.842	16.387		平方和と積和	15.66	7.887
	共分散	1.225	0.248		共分散	0.237	0.119
	N	67	67		N	67	67
LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	LightBrocaOxy	OMMBrocaOxy	LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	LightBrocaOxy	OMMBrocaOxy
	有意確率 (両側)	1	.268*		有意確率 (両側)	1	.770**
	平方和と積和	17.46	4.496		平方和と積和	22.851	42.901
	共分散	0.265	0.068		共分散	0.346	0.65
	N	67	67		N	67	67
LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	LightBrocaDeoxy	OMMBrocaDeoxy	LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	LightBrocaDeoxy	OMMBrocaDeoxy
	有意確率 (両側)	1	0.051		有意確率 (両側)	1	0.131
	平方和と積和	52.227	2.553		平方和と積和	23.828	3.338
	共分散	0.791	0.039		共分散	0.361	0.051
	N	67	67		N	67	67
LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	LightBrocaTotal	OMMBrocaTotal	LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	LightBrocaTotal	OMMBrocaTotal
	有意確率 (両側)	1	0.22		有意確率 (両側)	1	.683**
	平方和と積和	62.844	10.633		平方和と積和	43.401	49.27
	共分散	0.952	0.161		共分散	0.658	0.747
	N	67	67		N	67	67
Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaOxy	OMM右BrocaOxy	Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaOxy	OMM右BrocaOxy
	有意確率 (両側)	1	0.098		有意確率 (両側)	1	.317**
	平方和と積和	68.406	5.874		平方和と積和	11.83	8.5
	共分散	1.036	0.089		共分散	0.179	0.129
	N	67	67		N	67	67
Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaDeoxy	OMM右BrocaDeoxy	Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	Light右BrocaDeoxy	OMM右BrocaDeoxy
	有意確率 (両側)	1	0.235		有意確率 (両側)	1	0.005
	平方和と積和	133.168	21.06		平方和と積和	18.746	0.97
	共分散	2.018	0.319		共分散	0.284	0.001
	N	67	67		N	67	67
Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	Light右BrocaTotal	OMM右BrocaTotal	Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	Light右BrocaTotal	OMM右BrocaTotal
	有意確率 (両側)	1	0.194		有意確率 (両側)	1	0.049
	平方和と積和	157.588	22.607		平方和と積和	18.448	1.581
	共分散	2.388	0.343		共分散	0.28	0.024
	N	67	67		N	67	67

大型 fNIRS 機 (OMM-3000) と携帯型 fNIRS 機 (LIGHTNIRS) の相関性研究 (田浦)

補遺 2 相関係数で有意差群 (白抜き部分) Ecat と Jcat

Jcat					
LightFp1Oxy			OMMFp1Oxy		
Pearson の相関係数	1	-0.155	LightFp1Oxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.21		有意確率 (両側)	0.227
平方和と積和	63.331	-5.927		平方和と積和	26.703
共分散	0.96	-0.09		共分散	0.405
N	67	67		N	67
LightFp1Deoxy			OMMFp1Deoxy		
Pearson の相関係数	1	-.518**	LightFp1Deoxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0		有意確率 (両側)	-.253*
平方和と積和	16.199	-13.316		平方和と積和	6.827
共分散	0.245	-0.202		共分散	0.103
N	67	67		N	67
LightFp1Total			OMMFp1Total		
Pearson の相関係数	1	0.208	LightFp1Total	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.091		有意確率 (両側)	0.026
平方和と積和	33.764	5.392		平方和と積和	17.351
共分散	0.512	0.082		共分散	0.263
N	67	67		N	67
LightFp2Oxy			OMMFp2Oxy		
Pearson の相関係数	1	-.321**	LightFp2Oxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.008		有意確率 (両側)	-.399**
平方和と積和	47.941	-10.488		平方和と積和	22.559
共分散	0.726	-0.159		共分散	0.342
N	67	67		N	67
LightFp2Deoxy			OMMFp2Deoxy		
Pearson の相関係数	1	-.591**	LightFp2Deoxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0		有意確率 (両側)	-.338**
平方和と積和	34.425	-19.506		平方和と積和	7.964
共分散	0.522	-0.296		共分散	0.121
N	67	67		N	67
LightFp2Total			OMMFp2Total		
Pearson の相関係数	1	-0.01	LightFp2Total	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.939		有意確率 (両側)	0.199
平方和と積和	38.016	-0.235		平方和と積和	25.205
共分散	0.576	-0.004		共分散	0.382
N	67	67		N	67
LightBrocaOxy			OMMBrocaOxy		
Pearson の相関係数	1	.335**	LightBrocaOxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.006		有意確率 (両側)	.284*
平方和と積和	33.231	9.568		平方和と積和	40.536
共分散	0.504	0.145		共分散	0.614
N	67	67		N	67
LightBrocaDeoxy			OMMBrocaDeoxy		
Pearson の相関係数	1	.368**	LightBrocaDeoxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.002		有意確率 (両側)	-0.007
平方和と積和	45.37	17.729		平方和と積和	16.84
共分散	0.687	0.269		共分散	0.255
N	67	67		N	67
LightBrocaTotal			OMMBrocaTotal		
Pearson の相関係数	1	0.099	LightBrocaTotal	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.426		有意確率 (両側)	0.176
平方和と積和	57.48	4.327		平方和と積和	32.979
共分散	0.871	0.066		共分散	0.5
N	67	67		N	67
Light右BrocaOxy			OMM右BrocaOxy		
Pearson の相関係数	1	-0.191	Light右BrocaOxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.121		有意確率 (両側)	0.115
平方和と積和	11.547	-3.35		平方和と積和	40.033
共分散	0.175	-0.051		共分散	0.607
N	67	67		N	67
Light右BrocaDeoxy			OMM右BrocaDeoxy		
Pearson の相関係数	1	.319**	Light右BrocaDeoxy	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.009		有意確率 (両側)	0.157
平方和と積和	67.507	15.943		平方和と積和	36.016
共分散	1.023	0.242		共分散	0.546
N	67	67		N	67
Light右BrocaTotal			OMM右BrocaTotal		
Pearson の相関係数	1	-0.178	Light右BrocaTotal	Pearson の相関係数	1
有意確率 (両側)		0.151		有意確率 (両側)	0.113
平方和と積和	31.956	-6.363		平方和と積和	29.377
共分散	0.484	-0.096		共分散	0.445
N	67	67		N	67

補遺3 対応のあるt検定結果

Eletter	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t値	自由度	有意確率(両側)	
LightFp1Oxy - OMMFp1Oxy	-1.05335	1.37428	0.16789	-6.274	66	0.000	p<.01
LightFp1Dexy - OMMFp1Dexoy	-1.35658	0.79901	0.09762	-13.897	66	0.000	p<.01
LightFp1Total - OMMFp1Total	-1.51671	1.23154	0.15046	-10.081	66	0.000	p<.01
LightFp2Oxy - OMMFp2Oxy	-1.16435	0.98493	0.12033	-9.676	66	0.000	p<.01
LightFp2Deoxy - OMMFp2Deoxy	-0.82335	0.94507	0.11546	-7.131	66	0.000	p<.01
LightFp2Total - OMMFp2Total	-1.37434	1.04881	0.12813	-10.726	66	0.000	p<.01
LightBrocaOxy - OMMBrocaOxy	-0.00269	0.60965	0.07448	-0.036	66	0.971	n.s.
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.19233	1.20396	0.14709	1.308	66	0.196	n.s.
LightBrocaTotal - OMMBrocaTotal	0.01662	1.09124	0.13332	0.125	66	0.901	n.s.
Light右BrocaOxy - OMM右BrocaOxy	-0.46254	1.28856	0.15742	-2.938	66	0.005	p<.01
Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	0.22681	1.51399	0.18496	1.226	66	0.224	n.s.
Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	-0.22822	1.73264	0.21168	-1.078	66	0.285	n.s.
Jletter	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t値	自由度	有意確率(両側)	
LightFp1Oxy - OMMFp1Oxy	-0.49613	0.78655	0.09609	-5.163	66	0.000	p<.01
LightFp1Dexy - OMMFp1Dexoy	-0.07282	0.98002	0.11973	-0.608	66	0.545	n.s.
LightFp1Total - OMMFp1Total	-0.47432	0.56583	0.06913	-6.862	66	0.000	p<.01
LightFp2Oxy - OMMFp2Oxy	-1.04092	0.74841	0.09143	-11.385	66	0.000	p<.01
LightFp2Deoxy - OMMFp2Deoxy	0.5212	0.54291	0.06633	7.858	66	0.000	p<.01
LightFp2Total - OMMFp2Total	-0.71597	0.87558	0.10697	-6.693	66	0.000	p<.01
LightBrocaOxy - OMMBrocaOxy	-1.78399	1.05092	0.12839	-13.895	66	0.000	p<.01
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.13066	0.82061	0.10025	1.303	66	0.197	n.s.
LightBrocaTotal - OMMBrocaTotal	-1.5565	0.98967	0.12091	-12.873	66	0.000	p<.01
Light右BrocaOxy - OMM右BrocaOxy	0.08026	0.9164	0.11196	0.717	66	0.476	n.s.
Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	-0.81833	0.76333	0.09326	-8.775	66	0.000	p<.01
Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	-0.69962	1.0405	0.12712	-5.504	66	0.000	p<.01
Ecat	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t値	自由度	有意確率(両側)	
LightFp1Oxy - OMMFp1Oxy	-0.49113	1.21999	0.14905	-3.295	66	0.002	p<.01
LightFp1Dexy - OMMFp1Dexoy	-0.30283	1.12518	0.13746	-2.203	66	0.031	p<.05
LightFp1Total - OMMFp1Total	-0.68254	0.80618	0.09849	-6.93	66	0.000	p<.01
LightFp2Oxy - OMMFp2Oxy	-0.37672	1.17545	0.1436	-2.623	66	0.011	p<.05
LightFp2Deoxy - OMMFp2Deoxy	0.11025	1.26204	0.15418	0.715	66	0.477	n.s.
LightFp2Total - OMMFp2Total	-0.3633	0.90899	0.11105	-3.271	66	0.002	p<.01
LightBrocaOxy - OMMBrocaOxy	-0.27879	0.76571	0.09355	-2.98	66	0.004	p<.01
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	1.14944	0.96159	0.11748	9.784	66	0.000	p<.01
LightBrocaTotal - OMMBrocaTotal	0.33087	1.116	0.13634	2.427	66	0.018	p<.05
Light右BrocaOxy - OMM右BrocaOxy	0.53192	0.82428	0.1007	5.282	66	0.000	p<.01
Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	-0.00847	1.04926	0.12819	-0.066	66	0.948	n.s.
Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	0.13271	1.13387	0.13852	0.958	66	0.342	n.s.
Jcat	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t値	自由度	有意確率(両側)	
LightFp1Oxy - OMMFp1Oxy	0.75165	0.86056	0.10513	7.149	66	0.000	p<.01
LightFp1Dexy - OMMFp1Dexoy	-0.06166	0.72818	0.08896	-0.693	66	0.491	n.s.
LightFp1Total - OMMFp1Total	0.64736	0.76467	0.09342	6.93	66	0.000	p<.01
LightFp2Oxy - OMMFp2Oxy	0.98062	0.61548	0.07519	13.041	66	0.000	p<.01
LightFp2Deoxy - OMMFp2Deoxy	-0.27489	0.60066	0.07338	-3.746	66	0.000	p<.01
LightFp2Total - OMMFp2Total	0.85913	0.75283	0.09197	9.341	66	0.000	p<.01
LightBrocaOxy - OMMBrocaOxy	0.63828	0.85292	0.1042	6.125	66	0.000	p<.01
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.11984	0.67912	0.08297	1.444	66	0.153	n.s.
LightBrocaTotal - OMMBrocaTotal	0.65651	0.86603	0.1058	6.205	66	0.000	p<.01
Light右BrocaOxy - OMM右BrocaOxy	0.82098	0.94663	0.11565	7.099	66	0.000	p<.01
Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	0.61308	0.90294	0.11031	5.558	66	0.000	p<.01
Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	1.21198	1.00668	0.12299	9.855	66	0.000	p<.01

大型 fNIRS 機 (OMM-3000) と携帯型 fNIRS 機 (LIGHTNIRS) の相関性研究 (田浦)

補遺 4 対応のある t 検定の結果有意差の無い (相関関係の高い) ペア

Eletter	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t 値	自由度	有意確率 (両側)	
LightBrocaOxy - OMMBrocaOxy	-0.00269	0.60965	0.07448	-0.036	66	0.971	n.s.
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.19233	1.20396	0.14709	1.308	66	0.196	n.s.
LightBrocaTotal - OMMBrocaTotal	0.01662	1.09124	0.13332	0.125	66	0.901	n.s.
Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	0.22681	1.51399	0.18496	1.226	66	0.224	n.s.
Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	-0.22822	1.73264	0.21168	-1.078	66	0.285	n.s.
Jletter	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t 値	自由度	有意確率 (両側)	
LightFp1Dexy - OMMFp1Dexoy	-0.07282	0.98002	0.11973	-0.608	66	0.545	n.s.
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.13066	0.82061	0.10025	1.303	66	0.197	n.s.
Light右BrocaOxy - OMM右BrocaOxy	0.08026	0.9164	0.11196	0.717	66	0.476	n.s.
Ecat	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t 値	自由度	有意確率 (両側)	
LightFp2Deoxy - OMMFp2Deoxy	0.11025	1.26204	0.15418	0.715	66	0.477	n.s.
Light右BrocaDeoxy - OMM右BrocaDeoxy	-0.00847	1.04926	0.12819	-0.066	66	0.948	n.s.
Light右BrocaTotal - OMM右BrocaTotal	0.13271	1.13387	0.13852	0.958	66	0.342	n.s.
Jcat	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	t 値	自由度	有意確率 (両側)	
LightFp1Dexy - OMMFp1Dexoy	-0.06166	0.72818	0.08896	-0.693	66	0.491	n.s.
LightBrocaDeoxy - OMMBrocaDeoxy	0.11984	0.67912	0.08297	1.444	66	0.153	n.s.

補遺 5 部位別・タスク別の相関性のまとめ

	Eletter	Jletter	Ecat	Jcat
Fp1Oxy		○○		
Fp1Deoxy		×	×××	×
Fp1Total		○○○		○
Fp2Oxy	○○	○○	××	○○
Fp2Deoxy		○○	×××	××
Fp2Total	○○	○		
BrocaOxy	○	○○○	○○	○
BrocaDeoxy			○○	
BrocaTotal		○○○		
右脳BrocaOxy		○○		
右脳BrocaDeoxy			○○	
右脳BrocaTotal				
$r=0.10$ to 0.29 (small)○		$r=-0.10$ to 0.29 (small) ×		
$r=0.30$ to 0.49 (medium)○○		$r=-0.30$ to -0.49 (medium) ××		
$r=0.50$ to 1.0 (large)○○○		$r=-0.50$ to -1.0 (large) ×××		

