

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：32414

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K09854

研究課題名(和文) 感度が高い中枢性めまい推定検査の開発のための視覚前庭眼反応の離散的フーリエ解析

研究課題名(英文) Discrete Fourier analysis of the visual-vestibular interaction for the development of a sensitive test detecting central vertigo

研究代表者

伏木 宏彰 (FUSHIKI, Hiroaki)

目白大学・保健医療学部・教授

研究者番号：00262519

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)： 中枢での視覚と前庭の相互作用に着目して、中枢の平衡機能障害をより鋭敏に診断する検査法を開発することを目的とした。

温度性眼振出現中に自動的に視刺激が行えるiPhoneアプリを開発して、追跡眼運動を行わせた。その間の複合眼運動を離散的フーリエ変換を用いて追跡眼運動と前庭性眼振成分に分けた。健常成人では追跡パターンは円滑で前庭性眼振の抑制率は高かった。中枢性めまい患者の追跡パターンは前庭刺激の付加により階段状となり、眼振抑制率は健常成人の平均値より有意に低かった。健常成人では視運動刺激を付加すると視運動刺激に従う眼振が誘発されたが、刺激の方向の違いにより眼振数や緩徐相速度に有意差がみられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により開発した検査は、1. 中枢性めまいを鋭敏に検出できる検査であること、2. 広く行われている温度刺激検査に自家開発したiPhoneアプリとゴーグルを用いて視刺激が行えることから、普及しやすいこと、3. 前庭-追跡眼運動と前庭-視運動性眼運動の中枢相互作用で異なる反応様式を示したことから、中枢病巣診断が行える可能性が示唆されることが明らかとなった。

本検査システムをめまい診療にひろく普及させることにより、中枢性めまいの診断精度が高まり複数の診療科や病院を受診しても適切な診断がつかないまま医療機関を渡りさまよう、いわゆる『めまい難民』を一人でも多く救うことが期待される。

研究成果の概要(英文)： It has been reported that pursuit eye movements during caloric nystagmus (CN) show a smooth pattern in normal individuals and patients with peripheral vestibular disorders and a saccadic pattern with superimposed CN in patients with central vestibular disorders. We employed this phenomenon in our clinical examination of oculomotor-vestibular function to differentiate central vertigo. In this study, we developed a mobile application (app) for visual stimulation and quantitative analysis to facilitate its use in clinical practice. This test can be easily performed by incorporating an iPhone app into the caloric test to sharply detect central vestibular disorders.

研究分野：神経耳科学

キーワード：中枢性めまい 離散的フーリエ解析 視覚-前庭相互作用 平衡機能検査

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

めまい・ふらつきは、若年者から高齢者まで幅広い年齢層で自覚する症状である。65 歳以上の高齢者では、約 3 割が日常生活に支障を来すようなめまいやふらつきを自覚すると報告されている。症状により日常生活における様々な行動は制限され、高齢者の生活の質は著しく低下する。

めまいの原因は、内耳や中枢の平衡機能障害、循環障害、感覚障害など診療科の枠組みを超えて多岐にわたる。本邦では、めまいを専門とする医師の多くは耳鼻咽喉科医師であり、医師は末梢および中枢の眼運動系検査や体平衡検査を用いて平衡障害を診断する。原因として非内耳性の疾患が疑われた場合は、速やかに他の診療科と連携する必要がある。しかしながら、めまい診療の現場では、急性期を過ぎやや落ち着いた慢性期に来院する場合も数多い。詳細な問診や眼運動系や体平衡検査などの神経耳科学検査を行っても、臨床所見に乏しく診断に苦慮することがある。

### 2. 研究の目的

追跡眼運動検査および視運動性眼振検査は、中枢の平衡機能(小脳・脳幹機能障害の有無)を調べるための平衡機能検査であり、日常診療で頻繁に行われている。しかしながら、これらの検査の感度はあまり高くない。本研究は中枢の平衡機能障害をより鋭敏に診断するための検査法を開発することを目的とする。「中枢での視覚と前庭の相互作用」に着目して、温度刺激により人工的に前庭性眼振を誘発して上述の視刺激検査を行うことによる感度を高めた検査方法を開発する。広く普及するため、定量解析が行えるようにするために、以下の仕様にする。

- 1) 視刺激検査は iPhone アプリケーション(アプリ)に組み入れる。
- 2) iPhone をセットできる汎用性を考慮したゴーグルを装着する。
- 3) 離散的フーリエ変換にて「中枢での視覚と前庭の相互作用」により生じた複合眼運動波形を前庭性眼振成分と視性眼運動成分に分けて取り出し定量解析する。

### 3. 研究の方法

#### 概要:

前庭性眼振出現中に追跡眼運動検査を行い、視覚・前庭相互作用による複合眼運動を誘発する。離散的フーリエ変換を用いて追跡眼運動と前庭性眼振成分に分け、追従パターン分析および前庭性眼振の抑制率を算出する。

前庭性眼振出現中に視運動性眼振検査を行い、視覚・前庭相互作用による複合眼運動を誘発する。視運動性眼振の解発パターン分析および前庭性眼振の抑制率を算出する。

健常被験者と中枢性めまい者で比較検討する。

温度刺激負荷: 臨床で行われている温度刺激装置(第一医科製)にて人工的に前庭性眼振を誘発する。頭部が 30 度前屈した仰臥位の姿勢で外耳口より 10 度の冷風を 60 秒間送風する。

Visual suppression test (VS test): 温度刺激負荷後、前庭性眼振が活発に発現している 30 秒後に 10 秒間明所開眼下で視標の固視を行う。

#### 追跡眼運動検査:

VS test の 5 秒後に振幅 30 度、0.3Hz で 7 往復する視標を追跡させる。

#### 視運動眼振検査:

VS test の 5 秒後に等速度視運動刺激を 5 秒間行う。

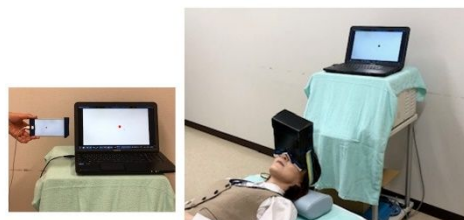
#### 視標の提示方法:

自家開発のアプリにて iPhone に視標を投影する。視標の静止や運動は自動的に行われる。

#### 視刺激環境(図 1):

- 1) “汎用型 1 人用シアターBOX” に iPhone を固定。  
CAD と 3D プリンターで同様ゴーグルを製作可能。
- 2) ミラーリングで PC に iPhone 映像を映す。
- 3) VR リモコンを使用し、アプリ操作を手元で行う。

記録法: 視刺激下でも暗所開眼下でも眼運動観察が行えるハーフミラー付き赤外線 CCD 眼鏡による眼運動記録(ニューオプト ET-60LM2)および ENG(電気眼振)記録を用いた。



ミラーリング

iPhoneアプリによる視刺激

図 1

解析：

視覚・前庭相互作用により生じた複合眼運動を離散的フーリエ変換にて追跡眼運動中の温度性眼振成分を抽出した。

1) テキストファイルで出力された結果をデジタル数値に変換。

2) 離散的フーリエ変換。

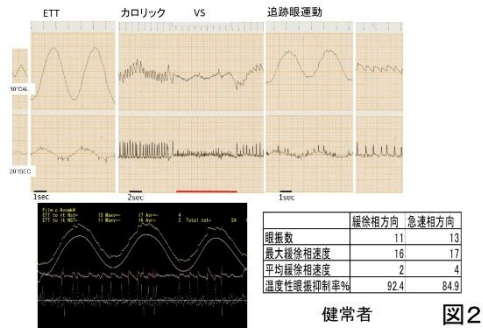
3) 第 10 高調波以下を低周波数成分、第 11 高調波以上を高周波数成分（眼振）とした。

4) 高周波数成分の眼振波形を分析。

視標運動方向別に眼振数、最大緩徐相速度、平均緩徐相速度を計算した（図 2）、視性眼運動のパターン分析および前庭性眼振成分の抑制率（図 2）を算出した。

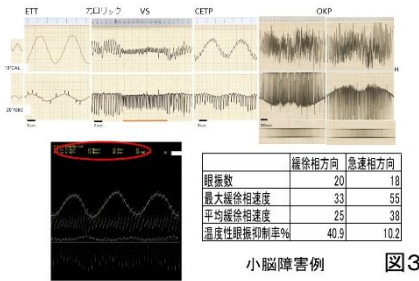
温度性眼振抑制率 =  $100 \times (a-b) / a$

a=直前の平均最大緩徐相速度、b=追跡眼運動中の温度性眼振平均緩徐相速度



#### 4. 研究成果

健康成人を対象に温度性眼振出現中に自動的に被験者の眼前に視標が提示され経時的に視刺激が行える自家開発 iPhone アプリを用いて、追跡眼運動を行わせた。健康成人では、追跡パターンは円滑で、眼振抑制率は以前我々が医療機器（製造中止）を用いて行った健康成人群の平均値と同等であった。一方、中枢性めまい者では、追跡眼運動単独では円滑である症例においても温度性眼振出現中の追跡眼運動は階段状となり（図 3）、中枢性めまい者群の眼振抑制率の平均値は自家開発 iPhone アプリを用いて行った健康成人群と比較して有意に低かった（表 1）。



アプリによる視刺激

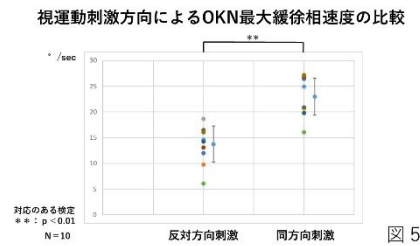
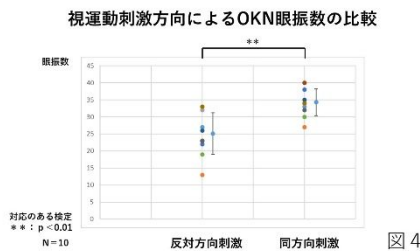
	温度性眼振抑制率		VS	件数
	緩徐相方向	急速相方向		
健康者	69.0 ± 16.6	52.9 ± 26.6	60.5 ± 7.1	15耳

従来の視刺激

	温度性眼振抑制率		VS	件数
	緩徐相方向	急速相方向		
健康者	72.0 ± 8.6	65.1 ± 14.9	61.0 ± 12.8	14耳
中枢性	36.3 ± 19.6	-2.1 ± 42.0	44.7 ± 18.5	18耳

表 1

健康成人を対象に温度性眼振出現中に自家開発 iPhone アプリを用いて、温度眼振出現中に視運動刺激を行った。その間の複合眼運動を記録し波形パターンを分析した。健康成人では、視運動刺激を付加すると視運動刺激に従う眼振が誘発された。しかし、視運動刺激の方向の違いにより眼振数および最大緩徐相速度に有意差がみられた（図 4, 5）。



これらの事実から、本検査は、1. 中枢性めまいを鋭敏に検出できる検査であること、2. 広く行われている温度刺激検査に自家開発した iPhone アプリとGoogleを用いて視刺激が行えることから、普及しやすいこと、3. 前庭 - 追跡眼運動と前庭 - 視運動性眼運動の中枢相互作用で異なる反応様式を示したことから、中枢病巣診断が行える可能性が示唆されることが明らかとなった。

本検査システムをめまい診療にひろく普及させることにより、中枢性めまいの診断精度を高め複数の診療科や病院を受診しても適切な診断がつかないまま医療機関を渡りさまよう、いわゆる『めまい難民』を一人でも多く救いたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Endo Mayumi, Dobashi Yumi, Kuroda Tatsuaki, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 80
2. 論文標題 Effectiveness of oculomotor function test using iPad application and its potential clinical application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 24～30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3757/jser.80.24	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fushiki Hiroaki	4. 巻 79
2. 論文標題 Assessments of balance-gait/fall risk and effects of vestibular rehabilitation by physiotherapist intervention in patients with unilateral peripheral vestibular hypofunction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 171～181
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3757/jser.79.171	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuroda Tatsuaki, Kuroda Kazuhiro, Fushiki Hiroaki	4. 巻 79
2. 論文標題 A trial of the VOG (Video oculography) on iPhone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 257～261
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3757/jser.79.257	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogihara Hirofumi, Kamo Tomohiko, Tanaka Ryoza, Kato Takumi, Endo Mayumi, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 79
2. 論文標題 Fall risk Assessment in Patients with Chronic Dizziness/Vertigo: Study using multiple measurement tools	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 218～229
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3757/jser.79.218	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Manabe Yasuhiro, Fushiki Hiroaki	4. 巻 79
2. 論文標題 Evaluation of the canalith repositioning procedure home exercise for posterior canal benign paroxysmal positional vertigo: Trial of clinical cooperation with nurses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 141 ~ 147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3757/jser.79.141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki, Sakuma Yoshiko, Endo Mayumi	4. 巻 79
2. 論文標題 Simple cognitive function test for elderly patients with vertigo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 88 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3757/jser.79.88	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 荻原 啓文、加茂 智彦、田中 亮造、加藤 巧、遠藤 まゆみ、角田 玲子、伏木 宏彰	4. 巻 48
2. 論文標題 右小脳・脳幹梗塞による中枢性めまいと両側前庭障害を合併した症例に対する前庭リハビリテーション	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 理学療法学	6. 最初と最後の頁 108 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15063/rigaku.11850	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 加茂 智彦、荻原 啓文、田中 亮造、遠藤 まゆみ、角田 玲子、伏木 宏彰	4. 巻 46
2. 論文標題 慢性めまいに対する理学療法士による個別リハビリテーションの効果	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 理学療法学	6. 最初と最後の頁 242 ~ 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15063/rigaku.11592	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Ryoza, Kamo Tomohiko, Ogihara Hirofumi, Abe Yasushi, Kinoshita Osamu, Kato Takumi, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 78
2. 論文標題 Effectiveness of Vestibular Rehabilitation on Improving the Gait in patients with Chronic Unilateral Vestibular Disorder	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 581 ~ 589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3757/jser.78.581	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伏木宏彰	4. 巻 269
2. 論文標題 更年期女性の難治性めまい症状への対応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 医学の歩み	6. 最初と最後の頁 37 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kamo Tomohiko, Ogihara Hirofumi, Tanaka Ryoza, Kato Takumi, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 49
2. 論文標題 Relationship between physical activity and dizziness handicap inventory in patients with dizziness ?A multivariate analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Auris Nasus Larynx	6. 最初と最後の頁 46 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.anl.2021.04.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kamo Tomohiko, Momosaki Ryo, Ogihara Hirofumi, Azami Masato, Tanaka Ryoza, Kato Takumi, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 49
2. 論文標題 The utilization and demographic characteristics of in-hospital rehabilitation for acute vestibular neuritis in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Auris Nasus Larynx	6. 最初と最後の頁 762 ~ 767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.anl.2022.01.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogihara Hirofumi, Kamo Tomohiko, Tanaka Ryoza, Azami Masato, Kato Takumi, Endo Mayumi, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 -
2. 論文標題 Factors affecting the outcome of vestibular rehabilitation in patients with peripheral vestibular disorders	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Auris Nasus Larynx	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.anl.2022.03.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogihara Hirofumi, Kamo Tomohiko, Tanaka Ryoza, Kato Takumi, Azami Masato, Endo Mayumi, Tsunoda Reiko, Fushiki Hiroaki	4. 巻 80
2. 論文標題 Relationship between Dual-task Timed Up and Go test and Clinical Outcomes in Patients with Chronic Dizziness/Vertigo	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Equilibrium Research	6. 最初と最後の頁 558 ~ 564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3757/jser.80.558	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 角田玲子, 伏木宏彰.
2. 発表標題 前庭性片頭痛患者の治療前後のDHI の検討
3. 学会等名 第121回日本耳鼻咽喉科学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角田玲子, 小島有里子, 遠藤まゆみ, 佐久間嘉子, 伏木宏彰.
2. 発表標題 新型コロナウイルス感染拡大予防のための自粛生活がめまいに与える影響
3. 学会等名 第79回日本めまい平衡医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中亮造, 加茂智彦, 荻原啓文, 加藤巧, 遠藤まゆみ, 角田玲子, 伏木宏彰.
2. 発表標題 慢性めまい患者に対する前庭リハビリテーション治療効果
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中亮造, 加茂智彦, 荻原啓文, 加藤巧, 遠藤まゆみ, 角田玲子, 伏木宏彰.
2. 発表標題 慢性一側前庭障害者に対する前庭リハビリテーションの有効性について-眼運動機能に対する効果-
3. 学会等名 第79回日本めまい平衡医学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荻原啓文, 加茂智彦, 田中亮造, 加藤巧, 遠藤まゆみ, 角田玲子, 伏木宏彰.
2. 発表標題 Dual Task TUGを用いためまい患者の転倒リスク評価 パイロットスタディ
3. 学会等名 第79回日本めまい平衡医学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加茂智彦, 荻原啓文, 田中亮造, 加藤巧, 遠藤まゆみ, 角田玲子, 伏木宏彰.
2. 発表標題 めまい患者における身体活動量とDHI スコアとの関係
3. 学会等名 第79回日本めまい平衡医学会学術講演会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 伏木宏彰
2. 発表標題 一側末梢前庭障害患者に対するDGI-FGAを用いた歩行・転倒リスク評価と前庭リハビリテーションの効果
3. 学会等名 第78回日本めまい平衡医学会学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伏木宏彰, 角田玲子
2. 発表標題 更年期女性のめまいの特徴について
3. 学会等名 第34回日本女性医学学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伏木宏彰
2. 発表標題 一側末梢前庭障害者に対する前庭リハビリテーションの有効性-歩行能力の推移による検証-
3. 学会等名 第46回日本リハビリテーション医学会北陸地方会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伏木宏彰, 尾崎 繁
2. 発表標題 難治性めまい患者に対する感性前庭ニューロリハビリテーションの試み
3. 学会等名 第21回日本感性工学会大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伏木宏彰
2. 発表標題 平衡障害の見分け方
3. 学会等名 第64回日本音声言語医学会総会・学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 遠藤まゆみ, 伏木宏彰
2. 発表標題 視刺激に前庭刺激を組み合わせた中枢平衡障害検査の汎用化の試み
3. 学会等名 第78回日本めまい平衡医学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伏木宏彰
2. 発表標題 ICTを活用しためまい診療の取り組み-遠隔医療・オンライン診療に向けての課題
3. 学会等名 第31回日本耳科学会総会・学術講演会, シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伏木宏彰
2. 発表標題 日常診療に役立つ小児のめまい平衡障害アプローチ
3. 学会等名 第38回日本こども病院神経外科医会（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 伏木 宏彰、加茂 智彦	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 288
3. 書名 前庭障害に対するリハビリテーション EBMに即した実践アプローチ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------