

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19390479

研究課題名（和文） fMRIによる咀嚼機能と脳機能のダイナミック解析システムの開発

研究課題名（英文） The Development of the System for Dynamic Analysis of the Masticatory and Brain Function Using Functional MRI.

研究代表者

後藤 多津子 (GOTO K. TAZUKO)

九州大学・大学院歯学研究院・講師

研究者番号：60294956

研究成果の概要（和文）：

咀嚼に伴い脳内では何が起きているのかを非侵襲的脳機能画像(fMRI)を用いて解析した。咀嚼に関連する顎の運動機能として、歯のかみ合わせ、咀嚼運動、嚥下(のみこみ)を、感覚機能として味覚を選び、形態および機能データの取得および解析を行った。各機能における脳活動を詳しく分離するために、各実験毎に新たな解析システム開発を行い、咀嚼に伴う脳活動について一連の研究成果を国内外の学術集会で発表した。

研究成果の概要（英文）：

We analyzed the brain activations by masticatory functions using functional MRI. The occlusion, masticatory movement, swallowing were selected as movement function and the taste was employed as sensory function. The new analyzing system was developed for every experiment to perform precise analysis. The results about brain activation areas were presented in the international and domestic conferences.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2008年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
総計	13,400,000	4,020,000	17,420,000

研究分野:病態科学系歯学・歯科放射線学

科研費の分科・細目:病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード::fMRI, 咀嚼機能、脳機能

1. 研究開始当初の背景

私たちの日々の咀嚼に伴い脳内では何が起きているのか?を科学的に解明する画像診断法として、非侵襲的脳機能画像functional MRI (以後

fMRI)がある。fMRI は脳局所の賦活に伴う脳血流の変動(BOLD 反応)に基づき、ある課題を行う時ヒトの脳がどのように活動するかを可視化する。

fMRI による口腔と脳との関連は、いくつか解明されていたが、咀嚼系全体の脳賦活領域は観察できて、咀嚼系を司る各機能（歯のかみ合わせ、咀嚼運動、嚥下、感覚等）毎の分離は困難であった。よって各機能による領域の重なりや個人差の解明も難しかった。かつ単純な課題を与えそれに反応する脳機能を解析しただけでは、咀嚼系のダイナミックな顎機能との相互作用がわかり得なかった。

2. 研究の目的

ヒトの咀嚼機能と脳機能の関連をダイナミックに解析するシステムを開発する。ならびにヒトの咀嚼系の各機能毎による脳賦活領域を分離し、さらに時系列変化を明確にすることである。

3. 研究の方法

脳障害、顎機能、心理学的に既往のない成人健常者(20-40歳)を対象に各研究を行った。研究協力者にはいずれも書面で研究への同意を得た。咀嚼機能に関する顎運動、顎関節、咀嚼筋、咬合に関する三次元データを解析した。一方では、刺激(タスク)とコントロールを交互に何度も被験者に提示しながらMRIにて解剖画像ならびに脳機能画像を取得、データ解析を行い、刺激時に有意な脳活動を統計学的に検出した。これらを統合し関連付け、咀嚼機能時の脳活動について検討した。

4. 研究成果

顎口腔形態、咀嚼機能、fMRI による脳機能の関連を解析する新しい実験システムを作成したことによりヒトの咀嚼系の咀嚼系を司る各機能（歯のかみ合わせ、咀嚼運動、嚥下、感覚等）毎の分離や時系列変化を明らかにすることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文](計 17 件)

以下全て査読有り論文

1. Ishida R, Iwagami Y, Hamachi T, Goto TK, Watanabe Y, Wada T, Taniguchi Y, Nielsen M, Takizawa O, Hamada Y, Fujita S, Sato M. The effect on brain activity of clenching with bite plate increasing occlusal vertical dimension to mandibular rest position: a functional MRI study. *The International Journal of Sports Dentistry*, 3, 27-36, 2010.
2. Kumazawa S, Yoshiura T, Honda H, Toyofuku F, Higashida Y. Partial volume estimation and segmentation of brain tissue based on diffusion tensor MRI. *Med Phys.* 37(4):1482-1490, 2010
3. Matsumoto R, Ioi H, Goto TK, Hara A, Nakata S, Nakashima A, Counts AL. Relationship between the unilateral TMJ osteoarthritis/osteoarthrosis, mandibular asymmetry and the EMG activity of the masticatory muscles: a retrospective study. *J Oral Rehabil*, 37, 85-92, 2010
4. Yoshiura T, Noguchi T, Hiwataishi A, Togao O, Yamashita K, Nagao E, Kamano H, Honda H. Intra- and Interhemispheric Variations of Diffusivity in Subcortical White Matter in Normal Human Brain. *Eur Radiol.* 20(1):227-233, 2009
5. Yoshiura T, Noguchi T, Hiwataishi A, Togao O, Yamashita K, Nakao T, Nagao E, Kumazawa S, Arimura H, Honda H. Age-related microstructural changes in subcortical white matter during postadolescent periods in men revealed by

- diffusion-weighted MR imaging. *Hum Brain Mapp.* 30(10):3142-3150, 2009
6. Terajima M, Furuichi Y, Aoki Y, Goto TK, Tokumori K, Nakasima A, A three-dimensional Method for Analyzing Facial Soft Tissue Morphology of patients with jaw deformities. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135,715-722, 2009.
 7. Terajima M, Nakasima A, Aoki Y, Goto TK, Tokumori K, Mori N, Hoshino Y, A Three-dimensional Method for Analyzing the Morphology of Patients with Maxillofacial Deformities. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136,857-867, 2009.
 8. Mochizuki H, Inui K, Tanabe HC, Akiyama LF, Otsuru N, Yamashiro K, Sasaki A, Nakata H, Sadato N and Kakigi R, Time course of activity in itch-related brain regions: A combined MEG-fMRI study. *J Neurophysiol*, 102, 2657-2666, 2009.
 9. Kami YN, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K, The development of a novel automated taste stimulus delivery system for fMRI studies on the human cortical segregation of taste. *Journal of Neuroscience Methods*, 172, 48-53, 2008.
 10. Goto TK, Yamada T, Yoshiura K, Occlusal pressure, contact area, force and the correlation with the morphology of the jaw-closing muscles in patients with skeletal mandibular deviation. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35, 594-603, 2008.
 11. Terajima M, Endo M, Aoki Y, Yuuda K, Hayasaki H, Goto TK, Tokumori K, Nakasima A, Four-dimensional Analysis of Stomatognathic function. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134, 276-87, 2008.
 12. Terajima M, Yanagita N, Ozeki K, Hoshino Y, Mori N, Goto TK, Tokumori K, Aoki Y, Nakasima A, Three-dimensional Analysis System for Orthognathic Surgery Patients with Jaw Deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134, 100-111, 2008.
 13. Ioi H, Matsumoto R, Nishioka M, Goto T.K, Nakata S, Nakasima A, Counts AL, Relationship between head posture and dentofacial morphology in patients with TMJ osteoarthritis/osteoarthrosis, *World Journal of Orthodontics*, 9:329-336, 2008.
 14. Nishioka M, Ioi H, Matsumoto R, Goto TK, Nakata S, Nakashima A, Counts AL, Davidovitch Z,, TMJ osteoarthritis/osteoarthrosis and immune system factors in the Japanese sample. *Angle Orthod*, 78, 793-8, 2008.
 15. Ioi H, Matsumoto R, Nishioka M, Goto TK, Nakata S, Nakashima A, Counts AL, Relationship of TMJ osteoarthritis /osteoarthrosis to head posture and dentofacial morphology. *Orthod Craniofac Res*, 11, 8-16, 2008.
 16. Taniwaki T, Okayama A, Yoshiura T, Togao O, Nakamura Y, Yamasaki T, Ogata K, Shigeto H, Ohyagi Y, Kira J, Tobimastu S. Age-related alterations of the functional interactions within the basal ganglia and cerebellar motor loops in vivo. *Neuroimage* 36(4): 1263-1276, 2007
 17. Goto TK, Nishida S, Nakamura Yuko, Tokumori K, Nakamura Y, Kobayashi K, Yoshida Y, Yoshiura K, The accuracy of

three-dimensional magnetic resonance 3D
vibe images of the mandible: an in vitro
comparison of MR and CT. *Oral Surg Oral
Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 103,
550-559, 2007.

[学会発表] (計 28 件)

1. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K. The Analysis of Temporal Sensory Processing in Human Taste Cortex. Nakamura Yuko, Competition by JADR for IADR Hatton Awards, August 2010
2. Nakamura Yuko, Goto TK. The spatial area and temporal change of the brain activations by salty and sweet. The advanced dental school, August, 2010.
3. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K. Differentiation of the prototypical basic tastes in human brain activities -fMRI study- International Symposium on "Oral Health Science" in 2010, 2010.02.06
4. Goto TK. Delicious functional MRI. Invited lecture, Department of Clinical Radiology, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University, Fukuoka, Japan, 2009.12.8.
5. Goto TK, ヒトの高次脳におけるうま味の認知機構 -functional MRI による中枢での客観的評価基準の作製-. うま味研究会研究助成, Tokyo, Japan, 2009.12.4.
6. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K, Functional MRI study for taste, つくば日本心理学会味嗅覚と行動に関する研究会, 2010.3.19
7. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K The spatial and temporal analysis of the taste perception using functional MRI - brain activations by salty and sweet in humans - APRS Academy of Prosthetic and Regenerative Sciences, Nagoya, Japan, 2009.11.27
8. Goto TK, Nakamura Yuko, Arita H, Tokumori K, Kobayashi K, Yoshiura T, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K Functional brain mapping of the taste cortex - the benefit of the method without swallowing- The 7th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception, 2009.11.3-4, Fukuoka Japan
9. Goto TK, Nakamura Yuko, Tokumori K, Kobayashi K, Yoshiura T, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K. Head movements caused by swallowing in fMRI for taste., 17th International Congress of DentoMaxilloFacial Radiology, 2009.6.28-7.02, Amsterdam, The Netherlands
10. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K. Detecting the taste-specific temporal type by fMRI -salty and sweet-, AChemS 31st Annual Meeting, 2009.04, Sarasota, USA.
11. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K, Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y,

- Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K,
Detecting the taste cortical region of
human using fMRI, The International Joint
Symposium on Dental and Craniofacial
Morphogenesis and Tissue Regeneration
and Oral Health Science 6th, 2009.02.
12. Goto TK, Insight of the human body by
three dimensional MRI - masticatory
muscles, and brain function - Symposium,
APRS Academy of Prosthetic and
Regenerative Sciences. Nagoya, Japan,
2008.11.28
 13. 後藤多津子, 3D画像で体内を診る —
アゴ、顔、脳機能— 2008年九州大学歯
学部サマースクール, 福岡、日本,
2008.8.28
 14. Goto TK, Kami YN, Tokumori K, Yoshiura
T, Kobayashi K, Nakamura Y, Honda H,
Ninomiya Y, Yoshiura K, Functional MRI
studies for human cortical representation
of taste -the development of a novel,
automated taste stimulus delivery system-.
The Joint Meeting of the 3rd Symposium
on Oral Health Science and the 3rd
symposium on Dental and Craniofacial
Morphogenesis and Tissue Regeneration,
Japan, 2008.
 15. Nakamura Yuko, Goto TK, Tokumori K,
Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y,
Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K,
Functional MRI study of taste cortical
areas in humans
-the development of an effective system
for umami taste solution- ,APRS Academy
of Prosthetic and Regenerative Sciences,
2008.11.
 16. Nakamura Y, Goto TK, Tokumori K,
Yoshiura T, Kobayashi K, Nakamura Y,
- Honda H, Ninomiya Y, Yoshiura K., An
optimal umami taste stimulating system for
brain mapping, JADR, 2008.11.
17. Goto TK, Kusaba M, Kobayashi K,
Tokumori K, Nakamura Y, Yoshiura K,
Morphological analysis of 3DMRI in
patients with mandibular asymmetry.
International Association for Dental
Research, Toronto, Canada, 2008.
 18. 寺嶋雅彦, 中島昭彦, 青木義満, 後藤多
津子, 徳森謙二, 顎変形症患者における
顎顔面形態の三次元的分析法, 第18回日
本顎変形症学会総会, 2008.
 19. 後藤多津子, 吉浦一紀, 下顎非対称患
者の咬合力ならびに閉口筋との相関に関
する検討. 第62回日本口腔科学会学術
集会総会, 日本, 2008.04
 20. 寺嶋雅彦, 中島昭彦, 谷尻豊寿, 柳田奈
津美, 因絵美子, 吉原真理子, 遠藤みず
き, 大関加奈子, 後藤多津子, 徳森謙二,
Three-dimensional Computed Tomography
(3-D CT)を用いた頭部 X 線規格写真の
作成, 第3回九州矯正歯科学会学術大
会, 2008. 03.長崎 日本
 21. 因絵美子, 寺嶋雅彦, 柳田奈津美, 吉原
真理子, 遠藤みずき, 大関加奈子, 後藤
多津子, 徳森謙二, 中島昭彦, 顎変形症
患者に対する Spiral/herical CT を用いた
気道と顎顔面骨格形態の関連性について,
第3回九州矯正歯科学会学術大会, 2008.
03.長崎 日本
 22. Goto TK, Kobayashi K, Tokumori K,
Nakamura Y, Yoshiura K, Jaw Size in
Patients with Mandibular Deviation on
3DMRI. JADR, Japan, 2007.
 23. 柳田奈津美, 寺嶋雅彦, 大関加奈子, 遠
藤みずき, 嘉ノ海龍三, 後藤多津子, 徳森
謙二 Cone-beam CT を用いた顎顔面骨

- 格および気道形態の三次元的分析について 第 66 回日本矯正歯科学会大会
2007. 09 大阪 日本
24. 寺嶋雅彦, 高橋純平, 大関加奈子, 中島昭彦, 高雄善裕, 後藤多津子, 徳森謙二:
テンプレートモデルを用いた三次元有限要素法による応力解析, 第 66 回日本矯正歯科学会大会, 2007 年 9 月 19-21, 大阪 日本
25. 遠藤みずき, 寺嶋雅彦, 大関加奈子, 柳田奈津美, 後藤多津子, 徳森謙二, 中島昭彦, 外科的矯正治療に伴う下顎頭位置変化の三次元的な分析方法について, 第 66 回日本矯正歯科学会大会, 2007. 09. 大阪 日本
26. Terajima M, Nakasima A, Ozeki K, Endo M, Yanagita N, Goto TK, Tokumori K, A Three-dimensional Method for Analyzing Facial Tissue Morphology of Patients with Jaw Deformities. 2nd WSLO Congress, Seoul, Korea, Japan, 2007.
27. 白土雄司, 林田淳之将, 丸太道人, 中村誠司, 北原 亨, 中島昭彦, 後藤多津子, 非対称をともなう下顎前突症に対する組み合わせ術式(SSRO+IVRO)の臨床評価一顎関節症状の変化一, 第 17 回日本顎変形症学会総会 06. 2007. 新潟 日本
28. 加美由紀子, 後藤多津子, 徳森謙二, 吉浦敬, 小林幸次, 中村泰彦, 本田浩, 二ノ宮裕三, 吉浦一紀. fMRI による味覚の脳機能領域の同定 -刺激提示装置の開発-, 第 2 回「口腔健康科学」シンポジウム, 2007. 福岡 日本

6. 研究組織

(1)研究代表者

後藤 多津子(GOTO TAZUKO K.)

九州大学・大学病院・講師

研究者番号:60294956

(2)研究分担者

吉浦 敬(YOSHIURA TAKASHI)

九州大学・大学病院・講師

研究者番号:40322747

徳森 謙二 (TOKUMORI KENJI)

九州大学・大学院歯学研究院・准助教

研究者番号:40253463

小林 幸次 (KOBAYASHI KOJI)

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号:50380481

田邊 宏樹 (TANABE HIROKI C.)

生理学研究所・大脳皮質機能研究系・助教

研究者番号:20414021

寺嶋 雅彦 (TERAJIMA MASAHIKO)

九州大学・大学院歯学研究院・助教

研究者番号:20398085

中村 泰彦 (NAKAMURA YASUHIKO)

九州大学・大学病院・診療放射線技師長

研究者番号:00380494

吉浦 一紀 (YOSHIURA KAZUNORI)

九州大学・大学院歯学研究院・教授

研究者番号:20210643

(3)研究協力者

滝沢 修(TAKIZAWA OASMU)

シーメンス・ジャパン株式会社

Nielsen, M (NIELSEN M)

シーメンス・ジャパン株式会社