

Multi-detector Computed Tomography を使用した
ボリュームレンダリング法における仮想顔貌 3D モデル
構築に関する基礎研究

齊藤 嘉大

明海大学大学院歯学研究科歯学専攻
(指導：奥村 泰彦教授)

Fundamental Study on Virtual Face 3D Modeling by the
Volume Rendering Technique Using Multi-Detector Computed
Tomography

Yoshihiro SAITO

Meikai University Graduate School of Dentistry

(Mentor: Prof. Yasuhiko OKUMURA)

Multi-detector Computed Tomography を使用した
ボリュームレンダリング法における仮想顔貌 3D モデル
構築に関する基礎研究

齊藤 嘉大

明海大学大学院歯学研究科歯学専攻

(指導：奥村 泰彦 教授)

要旨：法医学分野において身元確認のために個人識別が行われる。本研究は、白骨死体から個人識別を行うために、Multi-detector Computed Tomography(MDCT)の 3次元画像データから皮膚表面を画像化するボリュームレンダリング法を用いる復顔法の研究を行った。生体の顔面部における解剖学的重要部位の頭蓋骨から顔面正中部軟組織厚の計測をし、その計測部の画像再構成を行った。

生体の日本人 20 歳から 40 歳の男性、Body Mass Index(BMI)による体格別 3 タイプ各 5 名ずつを CT 撮影し、顔面正中部に設定した基準点および正中線上 1 mm 間隔で軟組織厚を計測した。計測から求めた平均値データを計測部位に当てはめ、元の顔貌と比較した。その結果以下の結論を得た。

1. 基準点の計測は、Glabella(g), Nasion, Rhinion(rhi), Anterior Nasal Spine(ANS), 点 A, Subnasale, 点 B, Gnathion(gn)で有意差を認めなかったが、Pogonionは痩せ型と肥満型の間で有意差を認めた。

2. rhi は最大値，最小値，平均において最も値が小さく，基準点の中で過去の文献と値が唯一，近似していた．
3. rhi から g まで顔面正中線上を上方 1 mm 間隔で行った軟組織厚の計測は，体格が異なってもグラフは同じ傾向であった．
4. ANS から顔面正中線上を下方 1 mm 間隔で行った軟組織厚の計測及び下顎は gn から顔面正中線上を上方 1 mm 間隔で行った軟組織厚の計測は，個体差は大きいですが平均すると体格が異なってもグラフは類似した形に収束した．
5. 側方顔貌における軟組織データ付加前後の比較では資料の計測値と計測より導き出された平均値の相関係数が，全体で 0.95，上顎上方で 0.91，上顎下方で -0.55，下顎で 0.76 となった．また軟組織を再構成した範囲の中で，鼻下と上下の口唇部で歪を認めた．

索引用語：個人識別，復顔法，軟組織厚，ボリウムレンダリング法

Fundamental Study on 3D Virtual Modeling by the Volume
Rendering Technique Using Multi-Detector Computed
Tomography

Yoshihiro SAITO

Meikai University Graduate School of Dentistry

(Mentor: Prof. Yasuhiko OKUMURA)

Abstract: Individual identification for identity confirmation is regarded in the field of forensic medicine. In this study, we used volume rendering as a facial reconstruction technique, using 3D image data obtained by Multi-detector Computed Tomography (MDCT) for individual identification from the skeletonized body. The mid-facial soft tissue thickness from the skull was measured at the anatomically important sites of the face. Then, the images of measurement parts were reconstructed.

The subjects were 15 Japanese males between 20 and 40 years of age including five each for three body mass index (BMI) categories. They were subjected to CT scan. The soft tissue thickness was measured at the reference points set in the mid-facial part and at intervals of 1 mm along the midline. The mean data obtained from the measurements were applied to the measurement sites. In this manner, the soft tissue images were reconstructed for comparison with the original face. The conclusions obtained are summarized

below.

1. There was no significant difference in the measurements at the following reference points: Glabella (g), Nasion, Rhinion (rhi), Anterior Nasal Spine (ANS), Point A, Subnasale, Point B, Gnathion (gn). However, there was a significant difference between the underweight group and the obesity group at Pogonion.

2. The rhi point was the smallest, in terms of the maximum, minimum and mean values. Of the reference points, this was the only one that produced measurement values close to the values already reported in the literature.

3. The soft tissue thickness was measured upward at intervals of 1 mm along the facial midline, between rhi and g of the maxillary bone. In this measurement, the graph showed the same tendency for both underweight and obesity groups despite the difference in BMI.

4. For the part below the maxillary bone, the soft tissue thickness was measured downward at intervals of 1 mm along the facial midline from ANS. For the mandibular bone, the soft tissue thickness was measured upward at intervals of 1 mm along the facial midline from gn. Although the measurement results showed marked individual differences, the means converged and formed a similar shape in both groups despite the difference in BMI.

5. For the measurement values and the means derived from these measurements, correlation coefficients were

calculated. The correlation coefficients were 0.95 for the overall data, 0.91 for the data on the part above the maxillary bone, -0.55 for the part below the maxillary bone, and 0.76 for the mandibular bone. In the soft tissue reconstruction image, distortions were observed under the nose and in the lips.

Keywords: individual identification, facial reconstruction technique, soft tissue thickness, volume rendering technique

緒 言

個人識別¹⁻⁵⁾とは、身元不明の生体、死体やその一部をだれであるか、またはだれのものかを識別することである。人体由来の検査対象としては、性別、年齢、容姿、皮膚の色、母斑、傷痕など身体的特徴、血液型、唾液、頭髪、歯牙が挙げられ、他には指紋、足紋などの皮膚紋理も重要な検査対象である。白骨の個人識別を行う場合は、性別、年齢、身長を推定して捜査範囲を絞り、該当すると思われる人物について、スーパーインポーズ法^{1,2,4,5,6-8)}、復顔法^{1,4,5,6,9,10)}等の形態学的検査並びに血液型、DNA多型等の遺伝学的検査を行って個人を同定していく。これら各種識別法の中でも骨は、軟組織の崩壊後も原型を保つため、特に頭蓋骨は形態学的方法において欠かせない。

顔面形態¹¹⁻²³⁾及びその3次元形態²⁴⁻³³⁾についての研究は法医学や歯科矯正学において数多く行われてきた。しかし、これらの研究の多くは頭部X線規格写真を使用していることから部位による拡大率が異なること^{12-24,25-27,29,30-32)}、軟組織の計測では生体と死体との間に差が生じること^{11-13,21)}、3次元形態においては構成された画像が線画状になること²⁴⁻³³⁾などが問題点として挙げられる。また復顔法は遺留品等個人を同定する上で必要になる付加情報が全く無く、情報が骨のみの場合に行われるが、粘土や石膏を用いる3次元法^{6,10)}では、

特殊な器具や素材を用いて復顔像を作成するため専門的技術や芸術性が求められること，作業時間がかかること，復顔像が作成者によって異なるという欠点が挙げられる．

そこで本研究はボリュームレンダリング法^{34・36}による3次元画像構成を用いることで，簡便に短時間で復顔像を作成可能であり，術者による差異が生じることが防げるという利点に着目した．すなわち，乾燥頭蓋骨の **Multi-detector Computed Tomography (MDCT)** 3次元データを使用し，その画像処理から皮膚表面データを再構成するボリュームレンダリング法を用いて軟組織を再現することを目的とした．MDCTの3次元画像データを用いて生体の顔面正中部軟組織厚の計測とその計測部位に求めた平均値をあてはめる画像処理を行った．

材料および方法

1. 材料

智歯周囲炎などを目的に CT 撮影を行う腫脹の見られない 20 歳から 40 歳 15 名の男性を対象とした。被験者は、Body Mass Index(BMI)が 18.5 未満の痩せ形(5 名:21,23,31,31,32 歳), BMI が 18.5 以上 25.0 未満の標準型(5 名:23,29,30,30,39 歳), BMI が 25.0 以上の肥満型(5 名:24,33,37,38,40 歳)の 3 グループに分けた。CT は SOMATOM Emotion6(SIEMENS, Germany)を使用した。データ解析ソフトウェアとして Zed View DB(LEXI, 東京)を 3 次元再構築ソフトウェアとして Zed View 3D(LEXI, 東京)を使用した。なお本研究を行うにあたり、明海大学歯学部倫理委員会の承認(A1502)を得て明海大学歯学部附属明海大学病院において本研究の主旨を説明し同意を得た患者データを用いて行った。

2. 方法

1) 撮影条件

管電圧 130 kV, 管電流 60 mAs, 撮像範囲は頭頂からオトガイ下軟組織まで, 再構成関数 H70s, スライス幅 1 mm とした。

頭位の違いによる軟組織の変化を少なくするため, 通常の撮影において使用している頭部固定用器具を使用し, 顔面正中が縦軸(Y 軸)に, 左右眼窩点と右側耳珠上

縁が横軸(X軸)になるようガイドビームに合わせ、下顎は咬頭嵌合位、口唇は力を入れず軽く閉じた状態で撮影を行った。

2)マスク作成

CT撮影から得られた Digital Imaging and Communications in Medicine(DICOM)データを Zed View DBに取り込み、硬組織(ウィンドウレベル 250~2,250)と軟組織(ウィンドウレベル-250~250)のマスクをそれぞれ作製し3次元可視化を行った(Figs 1,2)。次に作製したマスクをセグメント機能によりターゲット領域を抽出し、より狭く見やすい範囲のマスクを作製した(Figs 3,4)。

3)基準平面の設定

マスクング時の頭部の位置付けはCT撮影時の位置で行った。Martin法³⁷⁻³⁹⁾に準じて頭蓋骨をすべて同じ位置に設定するため、基準平面をFrankfurt(FH)平面及び正中矢状平面に設定した。またFH平面が画面横軸と平行に、正中矢状平面が画面縦軸と平行になるように位置付けをした。FH平面は左右のPorion(po,外耳孔軟部上縁)と左右のOrbitale(or,左右側眼窩下縁)、正中矢状平面はNasion(n,鼻骨上縁の正中点)、Basion(ba,大後頭孔の前縁の中央点)またはOpisthion(o,大後頭孔の後縁の

中央点), Inion(i, 外後頭隆起上にある左右上項線の正中線での交点)の3点を同一平面上に合わせて設定した。

3. 軟組織厚計測

1) 基準点の計測

まず顔面正中線上に位置する基準点として, Glabella(g, 眉間部隆起の正中点), Nasion(n, 鼻骨上縁の正中点), Rhinion(rhi, 鼻骨間縫合の下端点), Anterior Nasal Spine(ANS, 正中矢状面上で鼻腔底の最前突出点), 点A(上顎骨上の最深点), Subnasale(sn, 鼻下点), 点B(下顎の最深点), Pogonion(pg, 下顎骨オトガイの正中位の最前点), Gnathion(gn, 下顎骨オトガイ部下縁の正中点)を設定した(**Fig 5**)。次に, 同部の軟組織厚に該当する硬組織と軟組織の2つのマスク間距離を計測した(**Fig 6**)。体格別における軟組織厚の差異の統計学的検定として一元配置分散分析による多重比較検定のTukey-Kramer法を行い, 有意水準は5%とした。

2) rhi から g まで顔面正中線上を上方 1 mm 間隔の軟組織厚計測(以後, 上顎上方の軟組織厚計測とする)
rhi から g まで顔面正中線上を上方 1 mm 間隔で軟組織の厚みを計測した(**Fig 7**)。

3) ANS から顔面正中線上を下方 1 mm 間隔の軟組織厚計測(以後, 上顎下方の軟組織厚計測とする)

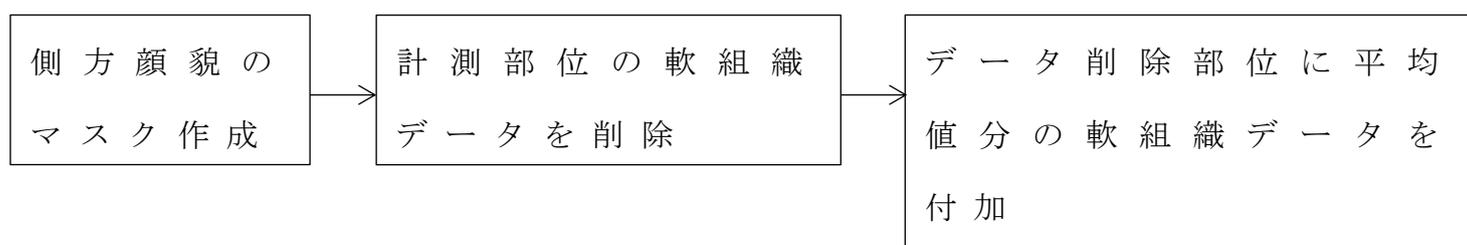
ANS から歯槽頂まで顔面正中線上を下方 1 mm 間隔で軟組織の厚みを計測した (**Fig 8**). 金属アーチファクトの影響が生じた場合は可能な所まで計測を行った.

4) gn から顔面正中線上を上方 1 mm 間隔の軟組織厚計測 (以後, 下顎の軟組織厚計測とする)

gn から歯槽頂まで顔面正中線上を上方 1 mm 間隔で軟組織の厚みを計測した (**Fig 9**). 金属アーチファクトの影響が生じた場合は可能な所まで計測を行った.

4. 側方顔貌へ平均値の軟組織データ付加

計測部位の軟組織データ削除, 同部へ平均値の軟組織データ付加の操作及びその前後の評価を容易にするため, 側方顔貌に限局した平面状のマスクをセグメントにより作成した (**Fig 10**). 本実験において軟組織データの付加操作に用いた側方顔貌は rhi から g までの距離が 15 名の試料の中で最も長い試料を用いた. 計測部位の軟組織データを削除 (**Fig 11**) し, 同部に平均値分の軟組織データを付加した (**Fig 12**).



鼻部，口唇部については頭蓋骨の形態や計測値から求めることが困難なため，撮影時のデータをそのまま使用した．

結 果

1. 基準点の計測

BMIに関わらず全ての試料において、上顎上方に位置する g , n , rhi の計測値は上顎下方に位置する ANS, 点 A 及び下顎に位置する点 B, pg , gn の計測値に比較し、小さい値を示した (**Fig 13**). 一元配置分散分析の結果、危険率 5%において、 g , n , rhi , ANS, 点 A, sn , 点 B, gn は体格別の平均値に差がない結果となった。 pg に対し、Tukey-Kramer 法を行った結果、痩せ型と肥満型の資料において有意に肥満型が厚い結果となった ($P>0.005$) (**Fig 14a-c**). すべての基準点において標準偏差は大きい値となった。また、 rhi はそれぞれの体格および全体での最大値、最小値、平均において最も値が小さくなった (**Table 1, Fig 15a-d**).

2. 上顎上方の軟組織厚計測

グラフの形は BMI が異なっても同じ傾向が見られた。 rhi から計測最小値まで傾きが下がり、それから計測最大値まで緩やかに上昇し、計測最大値から g まで下降傾向であった (**Fig 16**).

計測値の小さい順に、BMI 標準型、BMI 痩せ型、BMI 肥満型であった。

3. 上顎下方の軟組織厚計測

金属アーチファクトの影響があったため、可能なところまでの計測になった。グラフは ANS から傾きが下がり、その後は変化が認められない傾向だったが、個体差が大きかった。

計測値の小さい順に、ANS から 5 mm までは BMI 肥満型、BMI 標準型、BMI 痩せ型に、6～13 mm まではほぼ同じになり、それ以降は BMI 痩せ型、BMI 肥満型、BMI 標準型であった (**Fig 17**)。

4. 下顎の軟組織厚計測

金属アーチファクトの影響があったため、可能な部位までの計測になった。グラフは S 字状を呈する傾向にあったが、個体差が大きかった。計測値の小さい順に、BMI 痩せ型、BMI 標準型、BMI 肥満型となった (**Fig 18**)。

5. 軟組織データの付加前後の違い

rhi から g までの距離において最も長い試料の計測値と計測より導き出された平均値の相関係数が、全体で 0.95、上顎上方で 0.90、上顎下方で -0.55、下顎で 0.76 であった。

軟組織の画像再構成を行った範囲の中で、鼻下と上下の口唇部の 3 箇所歪を認めた (**Fig 19 a-c**)。

考 察

1. 復顔法について

復顔法は、Kant や Bach などの顔貌を復元するために用いられていた^{6,10,40)}。その後、Krogman⁴¹⁾、Stewart⁴²⁾らにより今日の個人識別における復顔法の基礎が築かれた。日本において初めて復顔法が個人識別に導入されたのは1925年の杉並白骨事件で、法医学者の古畑種基氏と彫刻家の朝倉文夫氏二人の共同作業で作られた復顔が用いられた^{6,10,40)}。

復顔法とは形態学的な個人識別法の1つであり、軟組織の解剖学的データを基に頭蓋、顔面部の軟組織厚に合わせて粘土あるいはコンピューターグラフィック技術等で肉付けし、生前の顔貌を復元する方法である。この方法はバラバラ殺人のように該当者が全く浮かび上がらない場合に行われる。骨検査は①人骨か獣骨か、②単数か複数か、③性別判定、④年齢推定、⑤身長推定、⑥個人識別、⑦損傷の有無と死因の推定、⑧焼いた骨か否か、⑨死後経過時間の手順を踏んで行われるため、個人識別をする時は、①から⑤までの項目で捜査範囲を絞り、該当する人物を捜しだし、個人を特定していく¹⁻⁵⁾。

復顔法の種類は、3次元法として粘土法、2次元法として描画法がある^{6,10)}。3次元法は頭顔部における軟組織の解剖学的データを基に頭蓋に粘土や石膏を用いて肉付けし、生前の顔貌を復元する方法である。2次元法

は頭蓋の写真あるいはそのトレース上に顔貌の輪郭線を描く。次に眼，眉，外鼻，口唇などの顔面各部の配置を設定し，それを基に，骨の検査で得られた性別，年齢や遺留毛髪，遺留品などの付加情報から想定される顔貌イメージを加筆していく方法である。つまり復顔像作成には，頭蓋骨と軟組織の顔面各部における形状や位置との解剖学的関係を基に行われる。本実験はコンピュータ上で顔面正中線上の軟組織データを付加するボリュームレンダリング法による3次元法を行った。

2. 顔面正中線上の軟組織厚計測

従来，顔面各部の軟組織厚を計測する場合，基準点には解剖学的または人類学的に規定されたものを用い，Martin法^{38,39)}に準拠した方法がとられてきた。本実験ではその基準点に歯科矯正学で用いる基準点⁴³⁾を参考にして計測を行うことで顔面各部のデータを多く採取し，基準点による違いを把握するようにした。計測する対象年齢は，軟組織の厚さは頭蓋骨の形，大小にはほとんど左右されないが，一般に，年齢では30歳代，40歳代で最も厚いこと^{9,11-13)}，多くの報告文献で20歳代からだったため，前述のようにした。また顔面正中線上の軟組織厚は年齢，栄養状態に比較的關係の少ない部位とされているため¹¹⁻¹³⁾，計測の平均値を資料の計測値との比較に用いた。

軟組織の厚みを計測する方法として鈴木¹¹⁾，小川¹²⁾は死体の基準点に針を骨面に垂直に刺入し，実測値を求

め、セファログラムを用いた小川¹²⁾、酒井¹³⁾、大井²¹⁾の実験で計測している。しかし、各々の撮影時および計測時に同一の基準平面上で行わなければ値のずれが考えられる。顔の外見から撮影時に頭蓋の位置付けを全て同じ基準平面に合わせることは不可能である。そのため計測の際、頭蓋骨を同じ基準平面に設定しなければならない。そこでデータ解析ソフトウェアとして Zed View DBを使用することで、基準平面の設定時、Sagittal, Axial, Coronalそれぞれの方向と定義した2次元スライス画像が連動し、厳密に基準平面を設定することが可能である。計測を3D上では操作が煩雑になりやすいため、2次元スライス画像上で精密に計測を行うこととした。

基準点の計測では、g, n, rhi, ANS, 点 A, sn, 点 B, gnの平均値は有意差がなく、pgにおいて痩せ型と肥満型の資料で有意に肥満型が厚い ($P > 0.005$) 結果となった。この結果は、①軟組織の厚みは栄養に比較的關係の少ない部位は顔面正中線上であるということ¹⁴⁾、②顔面頭蓋下部は体格により大きな変化がみられるということ⁹⁾と類似していると考えられた。

基準点における計測値の最大値、最小値をそれぞれの体格および全体で比較した結果では、①顔面の上半分は皮下脂肪が薄いので、顔面の復元では上方半分が信頼性は高く、顔面の下方半分は総じて皮下脂肪が厚い⁴⁴⁾、②顔面頭蓋上部では年齢による変化が少なく個体によ

る変化がそれ程ないが，顔面頭蓋下部は体格により大きな変化がみられる⁹⁾，③口唇部周辺の面皮は顔面中で最も強い可変部であること^{12,13)}に類似していると考えられた。

過去の報告^{11・13,21)}と比較すると，生体と遺体を用いたデータの間で大きな差が認められた。これは，遺体は生体と比較して軟組織に乾燥などの影響が起こったこと，死体の基準点に針を骨面に垂直に刺入し実測値を求める際の圧迫が大きな原因と考えられた。

小川¹²⁾，酒井¹³⁾の報告のように体格などの影響が最も少なく、正中線上の基準点の中で数値の低いとされる rhi は試料，撮影及び計測条件が異なっても他の基準点と比較して数値に大きな差を認めなかった。特に CT を用いて生体を計測した本実験とセファロを用いて生体を計測した酒井の最大値および最小値で差があまりなかった。これは同じ計測幅に収まっている事を示している。標準偏差が本実験で大きい値となったのは計測試料が少ないためと考えられるが，今回の標準偏差内に酒井のデータが収まっていることから信頼性が高いと考えられる。CTを用いて生体を計測した森ら⁴⁵⁾の実験において標準偏差は大きいですが，rhi の平均値は他の基準点よりも本実験と近似していた。

基準点から正中線上 1 mm 間隔で行った計測では，上顎上方の軟組織厚計測の結果はグラフ上，BMI が異なっても同じ傾向が見られ，計測値の小さい順に，BMI 標準

型，BMI 痩せ型，BMI 肥満型であった．この結果は①顔の上半分は皮下脂肪が薄いので，顔の復元では上半分の方が信頼性は高い⁴⁴⁾，②軟組織の厚みは栄養に比較的關係の少ない部位は顔面正中線上であるということと類似している¹¹⁾と考えられた．

上顎下方の軟組織厚計測の結果は個体差が大きいが平均すると BMI が異なっても ANS から傾きが下がり，その後は変化が認められない傾向が見られた．また，計測値の小さい順に，ANS から 5 mm までは BMI 肥満型，BMI 標準型，BMI 痩せ型に，6～13 mm まではほぼ同じになり，それ以降は BMI 痩せ型，BMI 肥満型，BMI 標準型となったこと．また下顎の軟組織厚計測の結果は個体差が大きい平均すると BMI が異なっても S 字状を呈する傾向が見られ，計測値の小さい順に，BMI 痩せ型，BMI 標準型，BMI 肥満型となった．このことは，①顔面頭蓋下部は体格により大きな変化がみられる⁹⁾，②口唇部周辺の面皮は顔面中で最も強い可変部である^{12,13)}ことに類似していると考えられた．

3.側貌顔貌の比較

軟組織データの付加操作前後の側貌顔貌の比較では，試料の計測値と計測より導き出された平均値の相関係数が，全体で 0.95，上顎上方で 0.91，上顎下方で -0.55，下顎で 0.76 であった．これは①顔の上半分は皮下脂肪が薄い結果，顔貌の復元では上半分の方が信頼性は高く，顔の下半分は総じて皮下脂肪が厚い⁴⁴⁾，②外鼻の上半

である鼻梁の形状は鼻骨および上顎骨前頭突起の形状を忠実に反映するが，軟骨によって作られる外鼻の下半は正確に復元できない⁴⁴⁾ということと類似していると考えられた．また，軟組織を画像再構成した範囲の中で，鼻下と上下の口唇部で歪を認めた．これは，③口唇部周辺の面皮は顔面中で最も強い可変部である^{12,13)}ということと類似していると考えられた．

4. ボリュームレンダリング法

本実験は，コンピュータ上で生体の顔面正中線上の軟組織厚の計測と MDCT 3次元データを使用し頭蓋骨骨情報に軟組織情報を付加するボリュームレンダリング法を用いて軟組織を再現することが目的であった．ボリュームレンダリング法とは，CTあるいは Magnetic Resonance Imaging (MRI) から得られたデータを立体的にし，さらに透明度を変えて境界面のみならず内部を含めた細かい情報構造も同時に可視化する Computer Graphics (CG) 技法の一種である．

本実験の計測結果が①軟組織の厚みは栄養に比較的關係の少ない部位は顔面正中線上である¹¹⁾，②顔面頭蓋上部では年齢による変化が少なく個体による変化がそれ程ないが，顔面頭蓋下部は体格により大きな変化がみられる⁹⁾，③顔面の上半分は皮下脂肪が薄いので，顔面の復元では上方半分が信頼性は高く，顔面の下方半分は総じて皮下脂肪が厚い⁴⁴⁾，④口唇部周辺の面皮は顔面中で最も強い可変部である^{12,13)}ということと類似し

ており、過去の研究と同様の結果であった。また資料の計測値と計測より導き出された平均値との相関係数が高い結果となった。

軟組織データの付加後に歪を認めた鼻下と上下の口唇部は、①顔の上半分は皮下脂肪が薄い結果、顔貌の復元では上半分の方が信頼性は高く、顔の下半分は総じて皮下脂肪が厚い⁴⁴⁾、②外鼻の上半である鼻梁の形状は鼻骨および上顎骨前頭突起の形状を忠実に反映するが、軟骨によって作られる外鼻の下半は正確に復元できない⁴⁴⁾、③口唇部周辺の面皮は顔面中で最も強い可変部である^{12,13)}ということと類似しており過去の研究と同様の結果であった。復顔において輪郭設定が最も困難としている部位である。

5. 展望

復顔において硬組織である頭蓋の形態と軟組織の顔貌では、顔面各部の位置と若干の形態は関連しているが、骨情報のみから髪形、眉や耳の形態、眼裂の大きさ、眼瞼や鼻翼の形状、口唇の厚薄の推定は難しい^{1,6)}。しかし白骨死体の場合、限られた情報から個人識別を行うしかなない。そのため、従来のクレイモデルからの復顔法は、特殊な器具や素材が必要であること、石膏作業といった専門的技術や芸術性が求められること、作業時間がかかること、復顔像が作成する術者によって全て異なるという欠点があった。従って、MDCTを利用した軟組織の各部位でのボリュームレンダリング法による3次元復顔法

は簡便に短時間で復顔像を作成可能であり，また術者による差異が生じることを防ぐため有用な方法と考えられる．今後，実際の顔貌と骨データのみのデータから再構成された3次元画像とのマッチングをより正確にすることが重要になってくる．

結 論

生体の日本人男性体格別 3 タイプ各 5 名ずつを CT 撮影し，顔面正中部の軟組織厚を計測した．その平均値データから軟組織の画像再構成し，元の顔貌と比較した．その結果以下の結論を得た．

1. pg は痩せ型と肥満型の間で有意差を認めたが，pg 以外は平均値に差がなかった．
2. rhi は最大値，最小値，平均において最も値が小さかった．
3. 上顎上方の計測は，体格が異なってもグラフの形は同じ傾向が見られた．
4. 上顎下方の計測と下顎の計測は，個体差は大きいですが平均すると体格が異なってもグラフは類似した形に収束した．
5. 資料の計測値と平均値の相関係数が，全体で 0.95，上顎上方で 0.91，上顎下方で -0.55，下顎で 0.76 となり，軟組織を再構成した範囲の中で，鼻下と上下の口唇部で歪を認めた．
6. 口唇部周辺の面皮は顔面中で最も強い可変部であり，復顔する上で注意が必要と思われる．
7. ボリュームレンダリング法による復顔は有効な方法と思われた．

謝 辞

稿を終わるにあたり，本研究に御理解，また御指導を賜りました明海大学大学院歯学研究科 高度口腔臨床科学 再生再建医療系 歯科放射線学 奥村 泰彦教授に深甚なる謝意を表します．また，御指導，御高覧を賜りました明海大学大学院歯学研究科 高度口腔臨床科学 機能発達医療系 小児歯科学 渡部 茂教授，明海大学大学院歯学研究科 口腔生命科学 機能系 口腔生理学 村本和世教授，明海大学大学院歯学研究科 口腔生命科学 形態系 歯科法医学 坂 英樹教授に心より深く感謝の意を表します．

最後に本研究を行うにあたり種々の御援助，御協力を頂きました歯科放射線学分野の諸先生方に深く感謝致します．

引用文献

- 1)石橋宏:個人識別. In:現代の法医学. 四方一郎, 永野耐造編, 第 2 版, 金原出版, 東京, pp351-366, 1988
- 2)吉野峰生:捜査官のための現場鑑識(13)犯罪捜査における白骨死体の身元確認基本的な鑑定事項/個人識別/他. 警察時報 **53**, 58-66, 1998
- 3)小片守:法医学における個人識別の実際. 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解 **101**, 27-32, 2001
- 4)福島弘文, 宮坂祥夫, 水口清:物体検査と個人識別. In:法医学. 福島弘文編, 第2版, 南山堂, 東京, pp206-215, 2004
- 5)高橋雅典:個人識別と物体検査. In:標準法医学. 石津日出雄, 高津光洋編, 第 7 版. 医学書院, 東京, pp222-229, 2012
- 6)瀬田季茂, 吉野峰生:スーパーインポーズ法と復顔法. In:白骨死体の鑑定. 瀬田季茂, 吉野峰生編, 令文社, 長野, pp341-368, 1990
- 7)堤博文, 市川和義, 中島寛隆, 伊勢卓史, 八重樫潤, 小室歳信, 竹井哲司:スーパーインポーズにおける頭蓋骨の撮影について. 日大歯学 **64**, 373-381, 1990
- 8)琵琶坂仁, 徳田卓也, 佐々木善敏, 熊谷章子, 高宮正隆, 青木康博, 金武潤:3次元スキャナによる頭蓋形状の記録とスーパーインポーズ法への応用. 法医学の実際と研究 **48**, 79-89, 2005
- 9)市川和義:復顔に関する研究 2. 復顔法の法医鑑別への応用. 科学警察研究所報告 **29**, 135-149, 1976
- 10)宮坂祥夫:白骨死体の視かた(10 限目)個人識別(3)頭蓋からの顔貌の復元. 捜査研究 **61**, 57-70, 2012
- 11)鈴木尚:日本人の面皮の厚さ. 人類誌 **60**, 7-11, 1948
- 12)小川晴昭:頭部 X 線規格写真による日本人頭部の解剖学的研究. 歯科学 **60**, 589-606, 1960

- 13)酒井賢一郎:頭部 X 線規格写真を応用したスーパーインポーズの基礎的研究(第 I 報). 科警研報告 **23**, 1-9, 1970
- 14)酒井賢一郎. 頭部 X 線規格写真を応用したスーパーインポーズの基礎的研究(第 II 報). 科警研報告 **23**, 10-17, 1970
- 15)成瀬隆雄:日本人成人正常咬合者における側貌の形態学的研究. 歯科学報 **70**, 701-720, 1970
- 16)市川和義:復顔に関する研究 1. 顔型に対する鼻幅と梨状口との形態的関連性について. 科警研報告 **28**, 133-136, 1975
- 17)阿左見和夫:顔面規格写真による前面からみた日本人顔面の解剖学的研究. 歯科学報 **78**, 835-878, 1978
- 18)市川和義:頭部 X 線規格写真による日本人成人男性の顔貌に関する計測学的研究 (I). 科警研報 **34**, 55-63, 1981
- 19)野村育靖:復顔に関する基礎的研究(第 2 報). 日大歯学 **56**, 223-230, 1982
- 20)笹嶋正博:復顔に関する基礎的研究(第 3 報). 日大歯学 **56**, 751-759, 1982
- 21)大井篤. 復顔に関する基礎的研究(第 4 報). 日大歯学 **58**, 1007-1015, 1984
- 22)宮坂祥夫, 窪田聡, 松田秀明, 今泉和彦, 吉野峰生, 瀬田季茂:顔型と顔面各部の形態の解剖学的相関に関する研究 1. 科警研報告 **48**, 159-170, 1995
- 23)宮坂祥夫, 窪田聡, 松田秀明, 今泉和彦, 吉野峰生, 瀬田季茂:顔型と顔面各部の形態の解剖学的相関に関する研究 2. 科警研報告 **50**, 96-108, 1997
- 24)中原リザ子:顔面形態の三次元分析法に関する検討(頭部 X 線規格写真による). 歯学 **71**, 153-256, 1983
- 25)本吉満, 山崎俊恒, 井上貴一郎, 蔵真由美, 吉田徹, 納村晋吉:上下顎形態の立体的評価に関する研究. 日矯歯誌 **45**, 181-195, 1986
- 26)井上貴一郎, 山崎俊恒, 本吉満, 松永諭勲, 林実, 納村晋吉:外科矯正における術後の三次元的予測に関する研究-骨格性反対咬合に対する三次元コンピュータ・グラフィック・サージェリーについて-. 日矯歯雑 **45**, 658-666, 1986

- 27) Grayson B, Cuttigh C, Bookstein FL, Kim H and McCarthy JG: The three-dimensional cephalogram: Theory, technique and clinical application. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **94**, 327-337, 1988
- 28) Brown T and Abbott AH : Computer-assisted location of reference points in three dimensions for radiographic cephalometry. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **95**, 490-498, 1989
- 29) 藤本雅清, 花田晃治: 4 方向から撮影したセファログラムを用いた顎顔面構造の三次元再構成. *日矯歯雑* **53**, 491-501, 1994
- 30) 横山一徳, 荒木吉馬, 石井英司: 斜位頭部 X 線規格写真を用いた形態分析法-3 次元規格化像の構築-. *日矯歯雑* **54**, 337-347, 1995
- 31) 横田幸治, 陳亮宏, 奥村秀樹, 兵行忠, 堤定美, 飯塚忠彦: 顎顔面変形症患者における硬軟組織複合立体モデルの開発研究. *日口外誌* **42**, 1038-1042, 1996
- 32) Okumura H, Chen LH, Tsutsumi S and Oka M : Three-dimensional virtual imaging of facial skeleton and dental morphologic condition for treatment planning in orthognathic surgery. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* **116**, 126-131, 1999
- 33) 土持航, 中原リザ子, 新井一仁: ヒト頭蓋標本を用いた高精度な三次元画像の構築. *日矯歯雑* **70**, 111-124, 2011
- 34) 中嶋正之: ボリュームレンダリングについて. *情報処理学会研究報告. グラフィックと CAD* **54**, 1-8, 1991
- 35) 周藤安造: CT 値再配置による頭部 CT 像のボリュームレンダリング. *医用電子と生体工学* **35**, 7-13, 1997
- 36) 青山丈志, 坂本雄児, 青木由直: 計算機合成におけるボリュームレンダリング法. *電子情報通信学会技術研究報告. ITS* **101**, 7-12, 2002
- 37) 上條雍彦: 付 研究の立場よりみた頭頸部の骨学. In: *図説口腔解剖学 1, アナトーム社, 東京, pp225-348, 1966*

- 38) 鈴木尚:人体の方位と計測器具. In:人体計測マルチンによる計測法, 人間と技術社, 東京, pp1-14, 1973
- 39) 鈴木尚:頭骨の計測. In:人体計測マルチンによる計測法, 人間と技術社, 東京, pp67-101, 1973
- 40) 宮坂祥夫:復顔法の現状と将来. バイオメカニズム学会誌 **14**, 207-215, 1990
- 41) Krogman WM and Iscan MY:Restoration of physiognomy. In:The human skelton in forensic medicine. Thomas CC, USA, pp413-457, 1986
- 42) Stewart TD:Reconstruction of facial soft parts. In:Essentials of forensic anthropology. Thomas CC, USA, pp255-274, 1979
- 43) 北井則行:検査. In:歯科矯正学. 相馬邦道, 飯田順一郎, 山本照子, 葛西一貴, 後藤滋巳編, 第5版, 医歯薬出版, 東京, pp140-150, 2008
- 44) 馬場悠男:唐古・鍵遺跡出土弥生時代人骨の形態と復顔. 国立科博専報 **32**, 167-174, 2000
- 45) 森紀子, 寺嶋雅彦, 徳森謙治, 中島昭彦, 青木義満, 橋本周司:三次元 CT 画像を用いた現代日本人成人男女の頭部生体計測と顔面標準三次元物理モデルの構築. 人類誌 **111**, 35-49, 2003

付 図

図表の説明

Table 1 The average, maximum and minimum values was found by the measurements at the reference points in the mid-facial part.

Fig 1 Mask of the hard tissue.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 2 Mask of the soft tissue.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 3 Mask of the hard tissue with segmentation.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 4 Mask of the soft tissue with segmentation.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 5 The face and skull with the reference points in the mid-facial part.

- A The standard point on the skull of sideways
- B The standard point on the skull of forward
- C The standard point on the face of sideways
- D The standard point on the face of forward

Fig 6 The mid-facial soft tissue thickness from the skull measured at the anatomically important sites of the face.

Fig 7 The soft tissue thickness measured upward at intervals of 1 mm along the facial midline, between the reference points of rhi and g.

Fig 8 The soft tissue thickness measured downward at intervals of 1 mm along the facial midline from the reference point of ANS.

Fig 9 The soft tissue thickness was measured upward at intervals of 1 mm along the facial midline from the reference point of gn.

Fig 10 Mask with segmentation for addition of the soft tissue.Mask of the hard tissue is green.Mask of the soft tissue is red.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 11 Remove the soft tissue to add data of the average value.Mask of the hard tissue is green.Mask of the soft tissue is red.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 12 Mask added the soft tissue data of the average value.

- A Sagittal image
- B Coronal image
- C Axial image
- D 3D image

Fig 13 The difference of physique measured at various reference points.

Fig 14 Multiple comparison test by Tukey-Kramer with the value of the mid-facial soft tissue thickness.

- A By g,n,rhi
- B By ANS,point A,sn
- C By point B,pg,gn

Fig 15 The maximum and minimum values divided by the difference of physique with the value of the mid-facial soft tissue thickness.

- a Measurement data of the BMI level standard
- b Measurement data of the BMI level underweight
- c Measurement data of the BMI level obesity
- d Measurement data of the BMI level overall

Fig 16 The measurement reached upward at intervals of 1mm along the facial midline,between the reference points of rhi and g.

Fig 17 The measurement reached downward at intervals of 1 mm along the facial midline from the reference point of ANS.

Fig 18 The mandibular measurement reached upward at intervals of 1 mm along the facial midline from the reference point of gn.

Fig 19 The reconstruction of the soft tissue.

- a Before
- b After

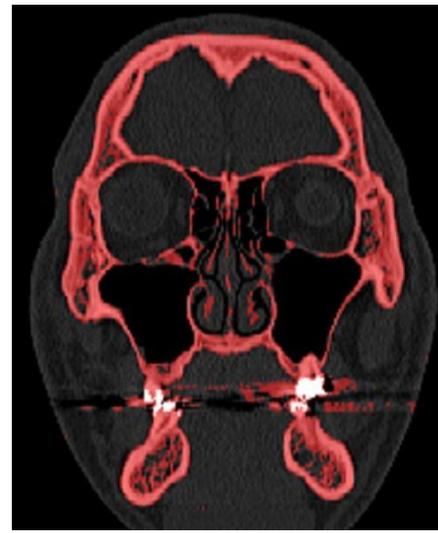
c Distorted point marked with three red circles

Table 1 齊藤嘉大
天

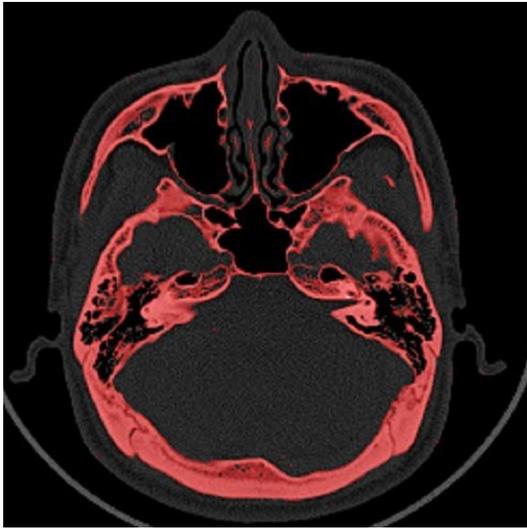
Point	MAX (mm)	M±S.D. (mm)	MIN (mm)
g	6.47	5.39±0.76	3.68
n	8.15	6.99±0.79	5.24
rhi	4.63	3.11±0.81	1.56
ANS	24.33	19.39±3.51	12.17
A	24.94	14.84±3.52	12.03
sn	15.93	13.66±1.12	11.2
B	15.67	13.60±1.47	11.07
pg	14.69	11.90±2.10	6.15
gn	15.88	12.99±2.59	6.86



A



B



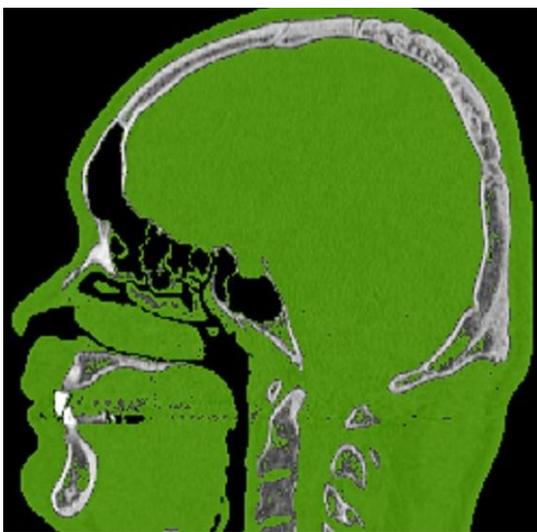
C



D

Fig 1 齊藤嘉大
天

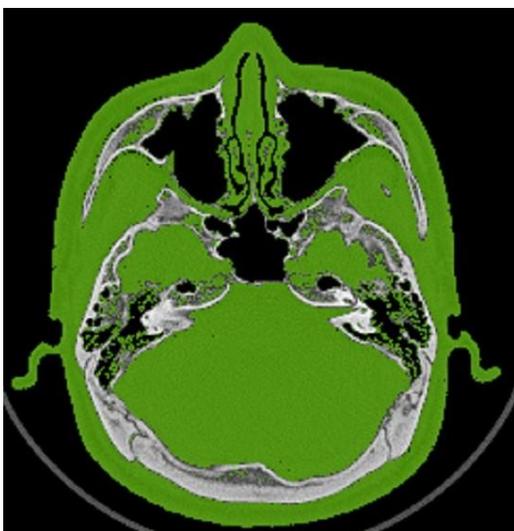
Fig 2 齊藤嘉大
天



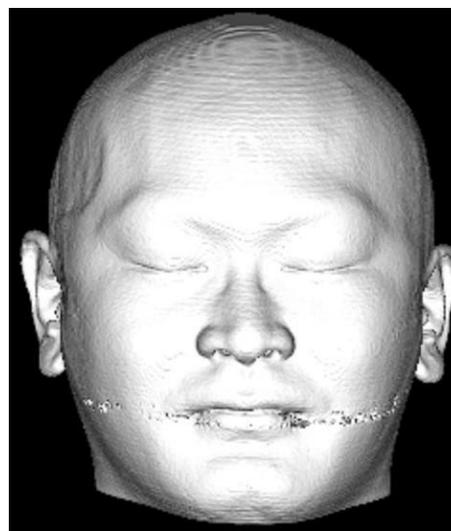
A



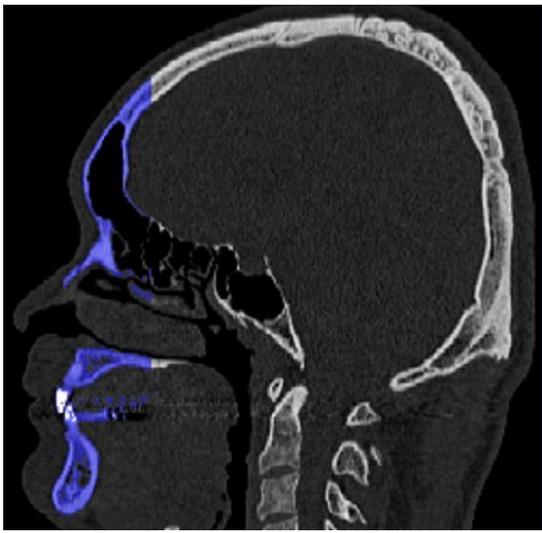
B



C



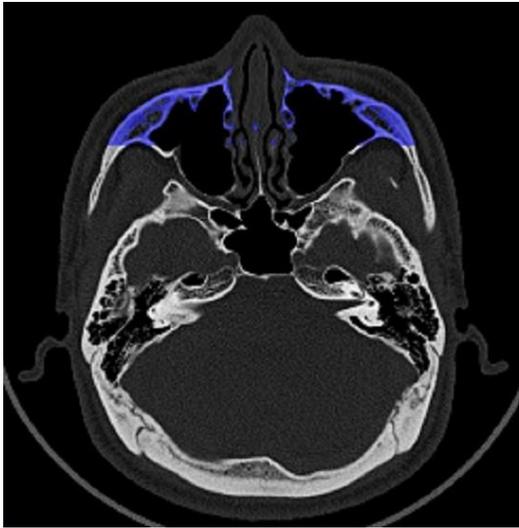
D



A



B

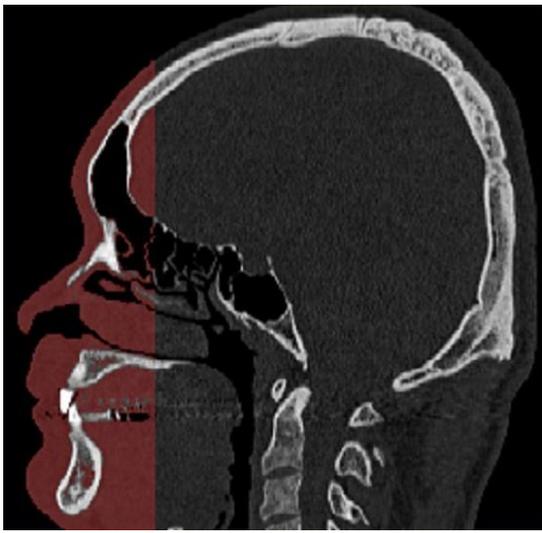


C

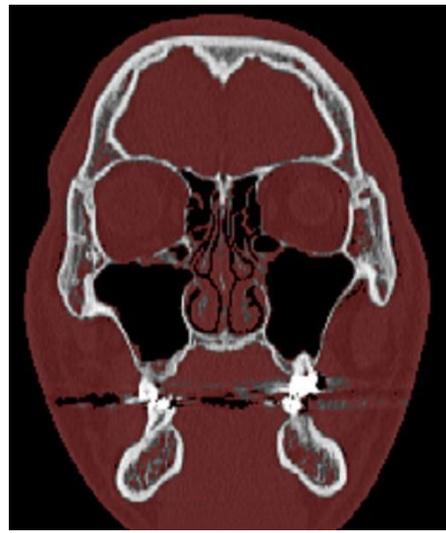


D

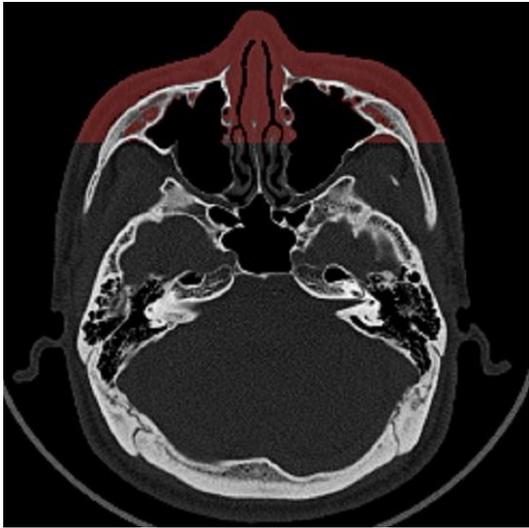
Fig 3 齊藤嘉大
天



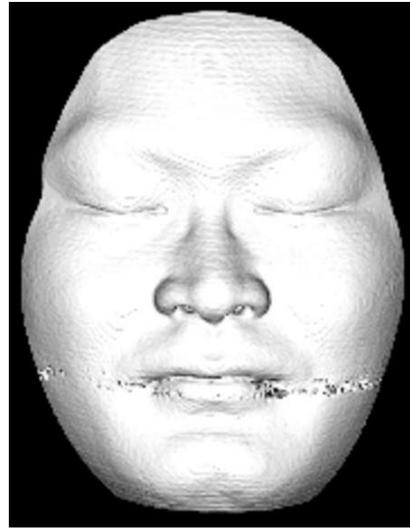
A



B



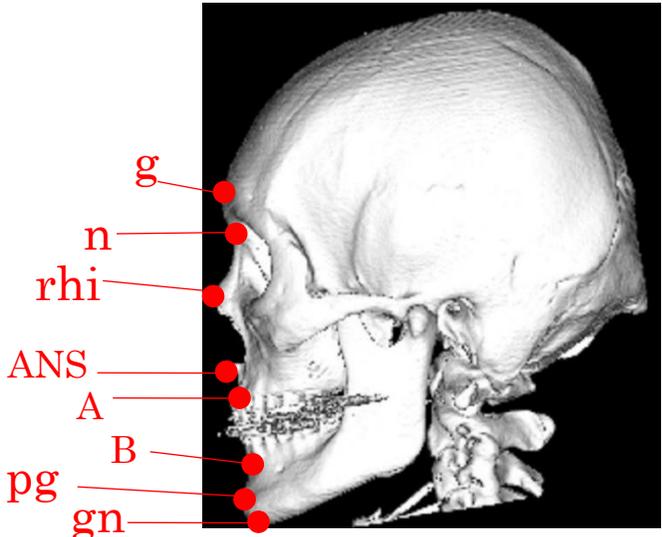
C



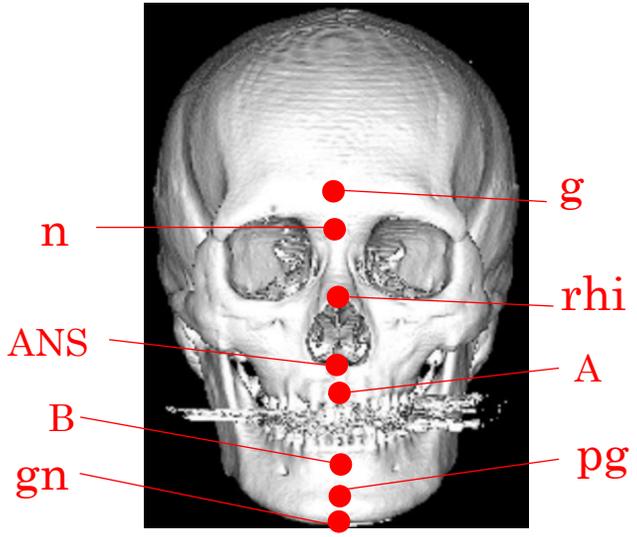
D

Fig 4 齊藤嘉大
天

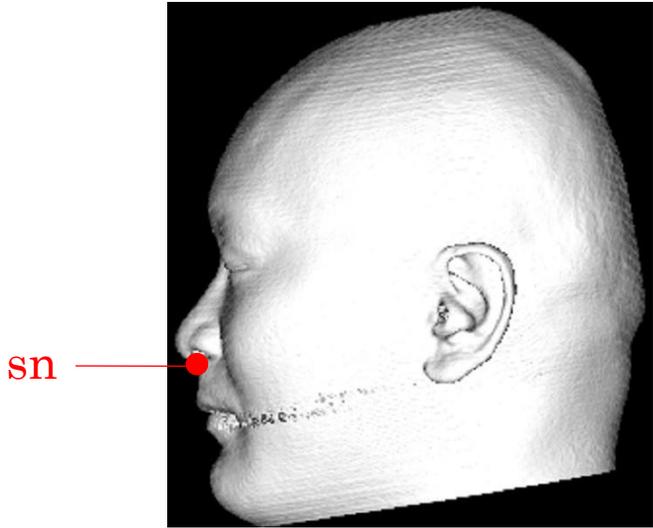
Fig 5 齊藤嘉大
天



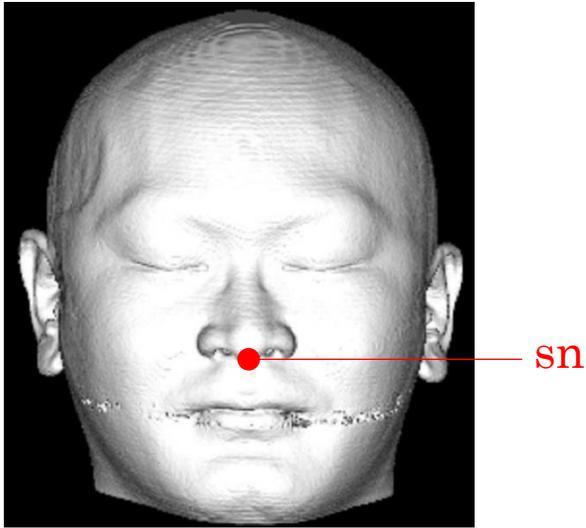
A



B



C



D

地

Fig 6 齊藤嘉大
天

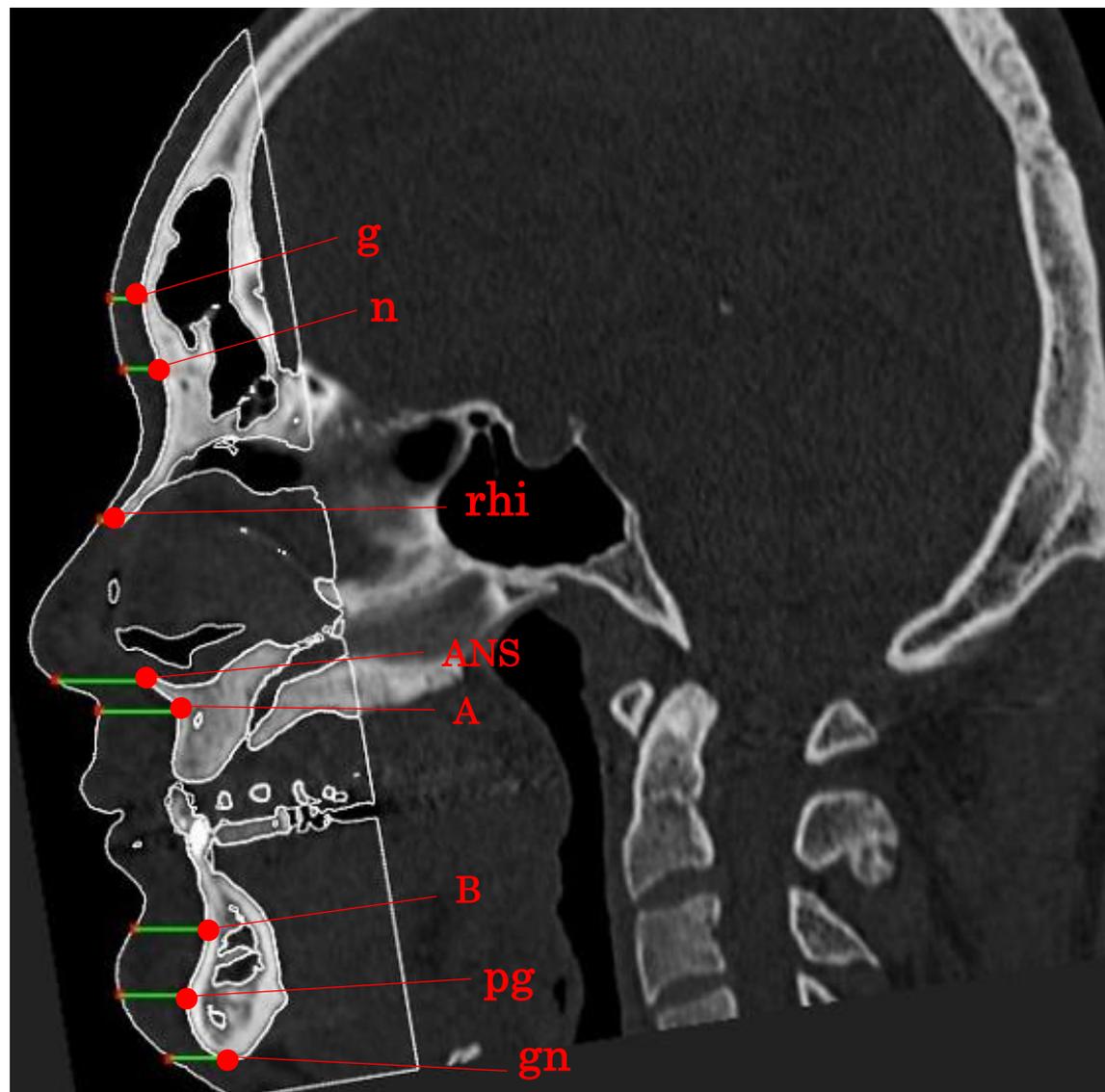


Fig 7 齊藤嘉大
天

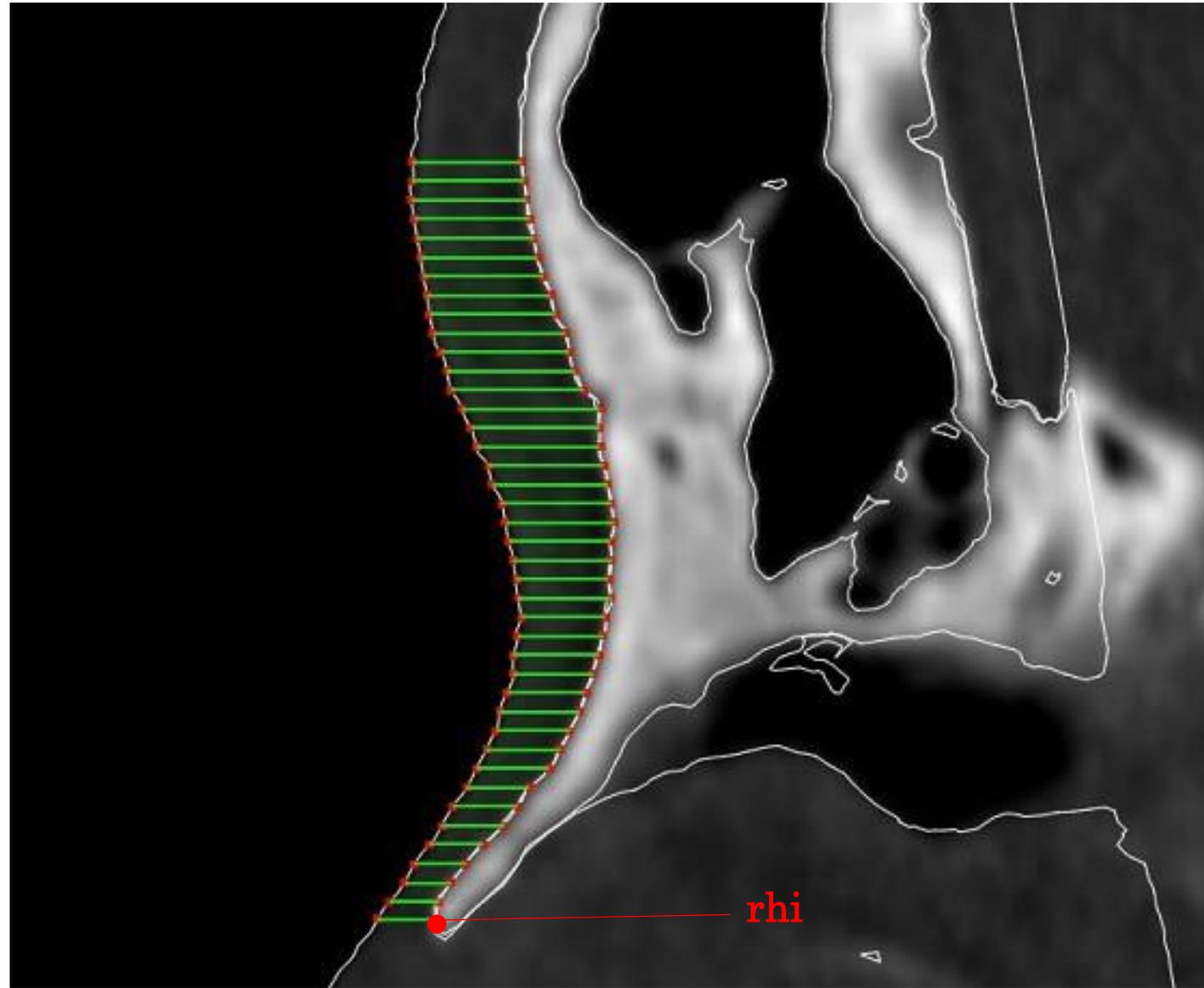


Fig 8 齊藤嘉大
天

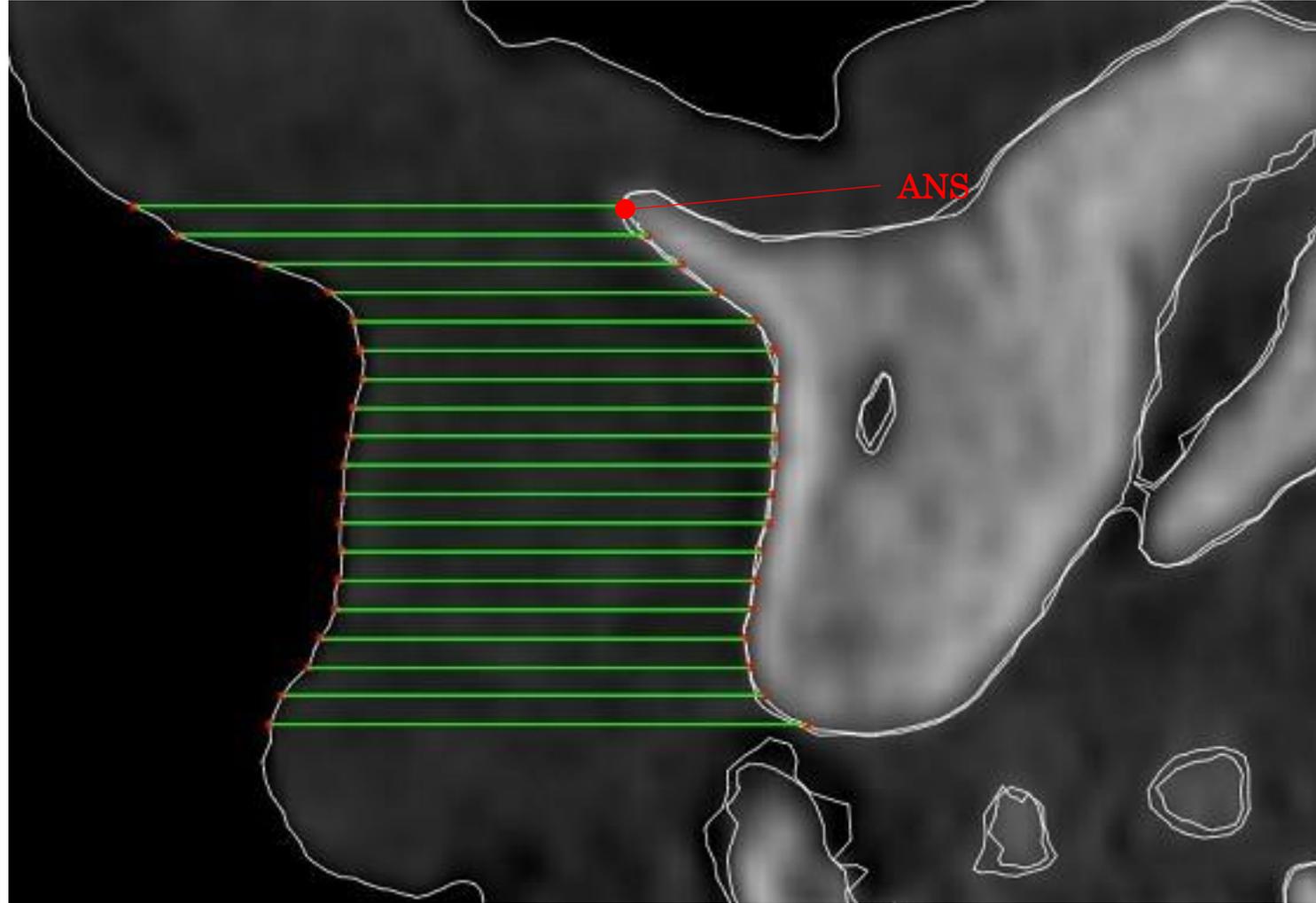
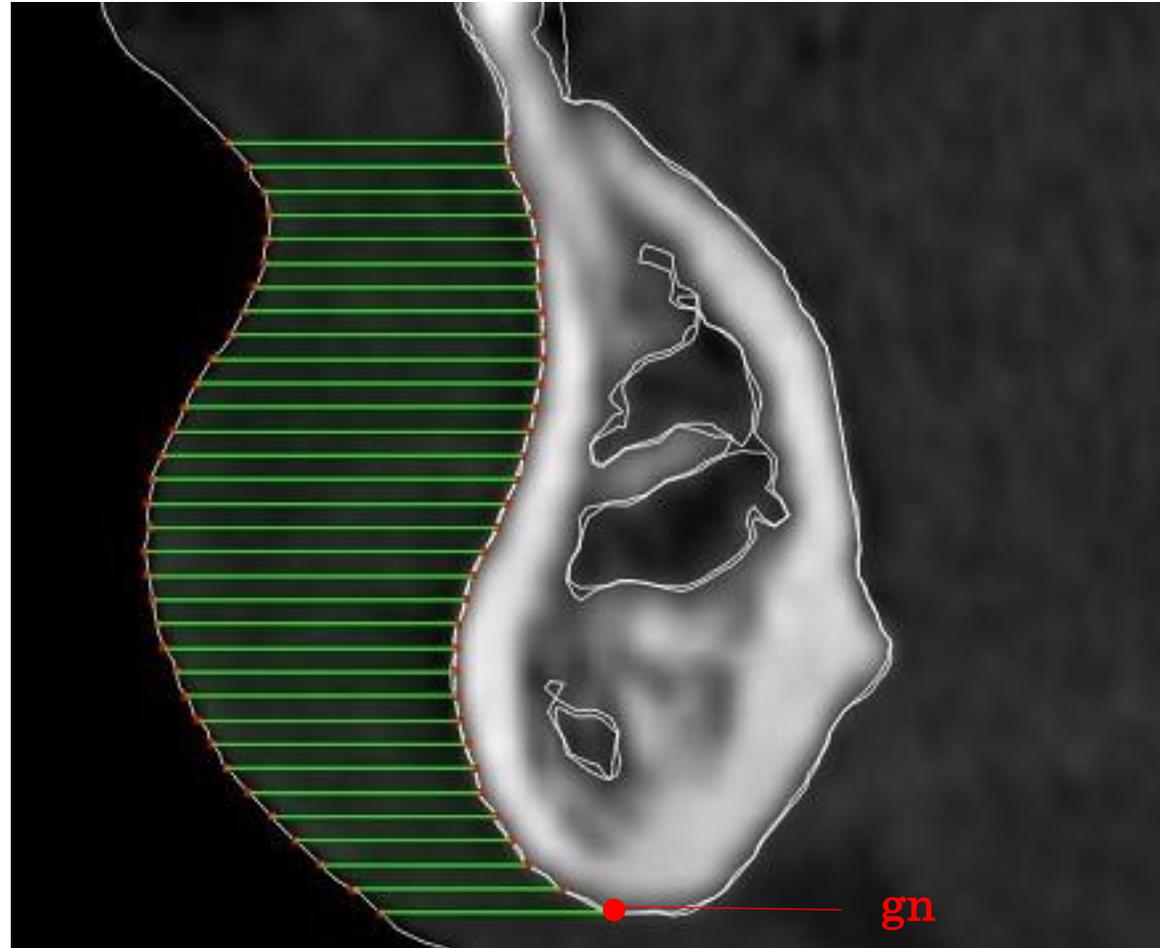
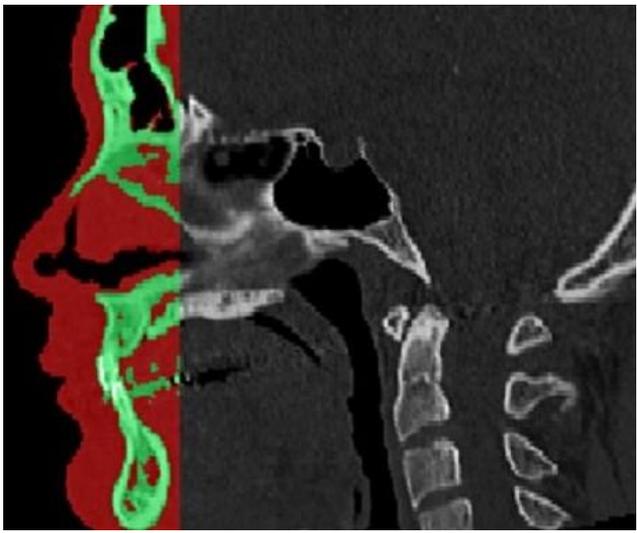
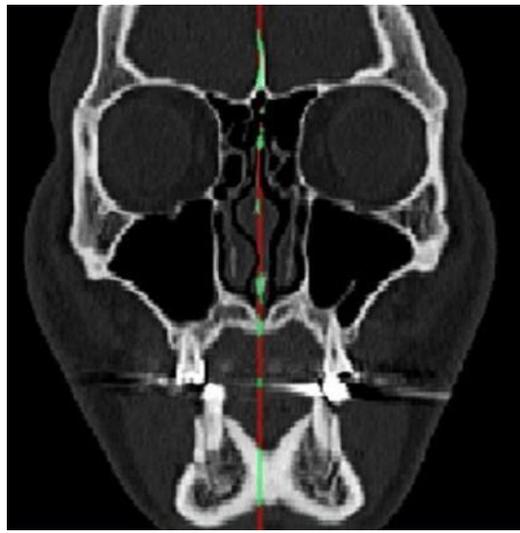


Fig 9 齊藤嘉大
天

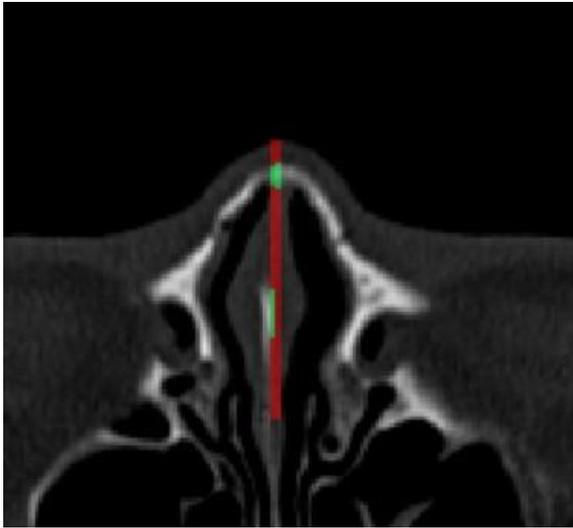




A



B

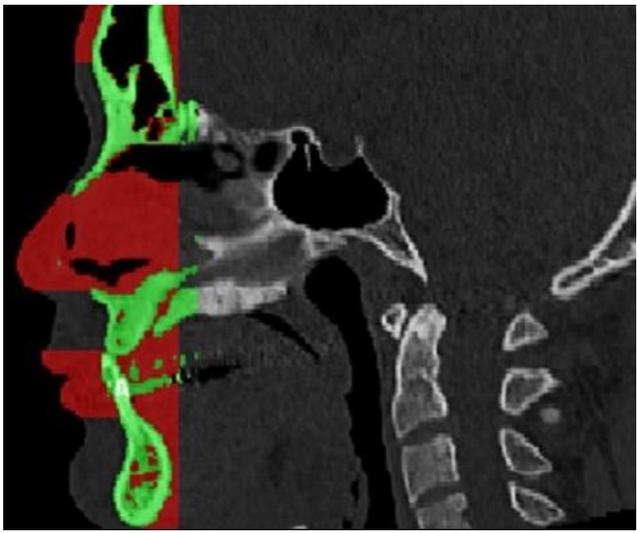


C

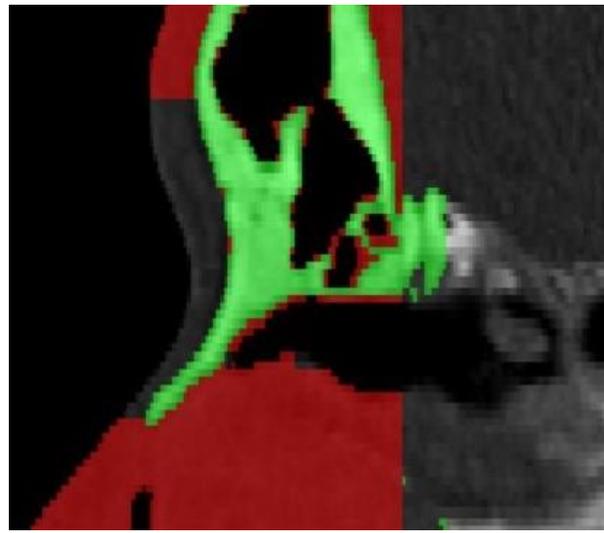


D

Fig 10 齊藤嘉大
天



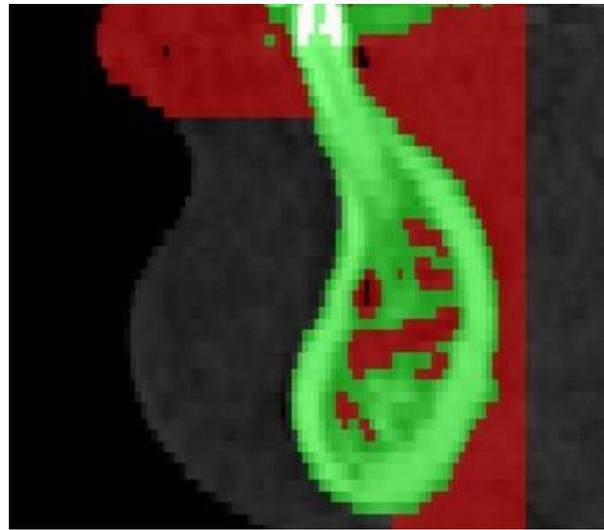
A



B

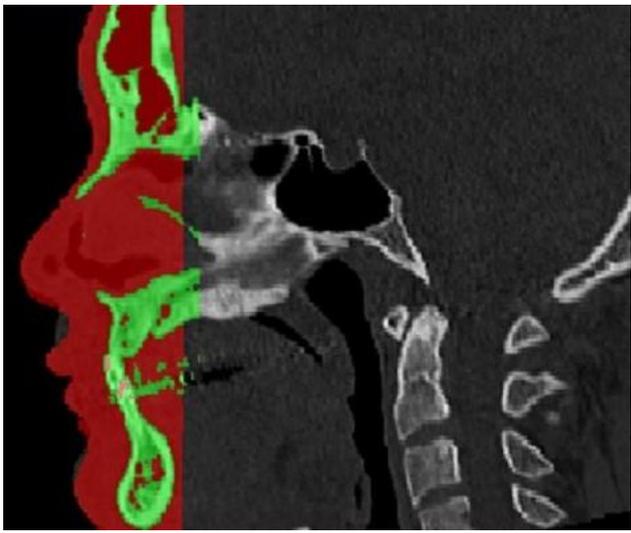


C

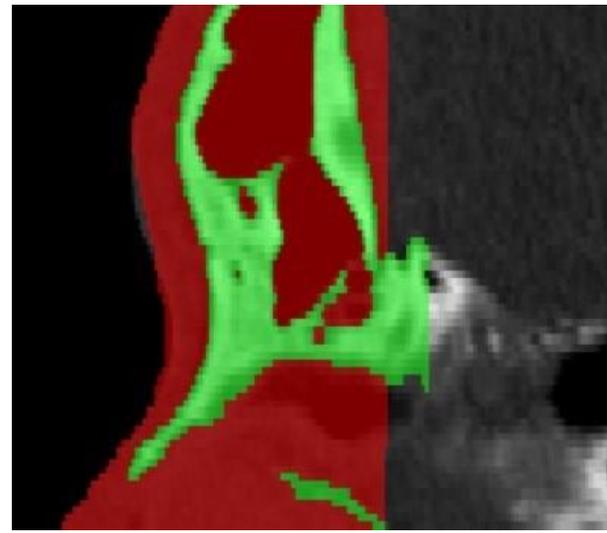


D

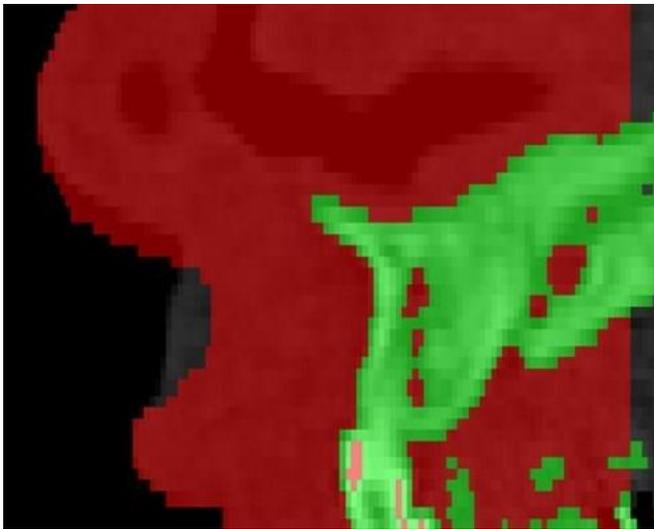
Fig 11 齊藤嘉大
天



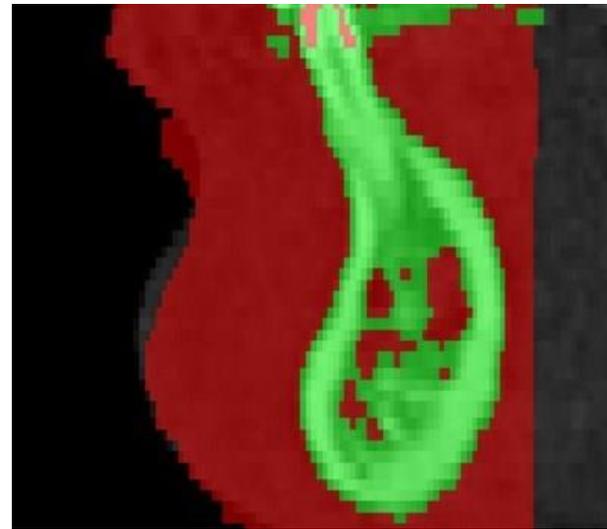
A



B



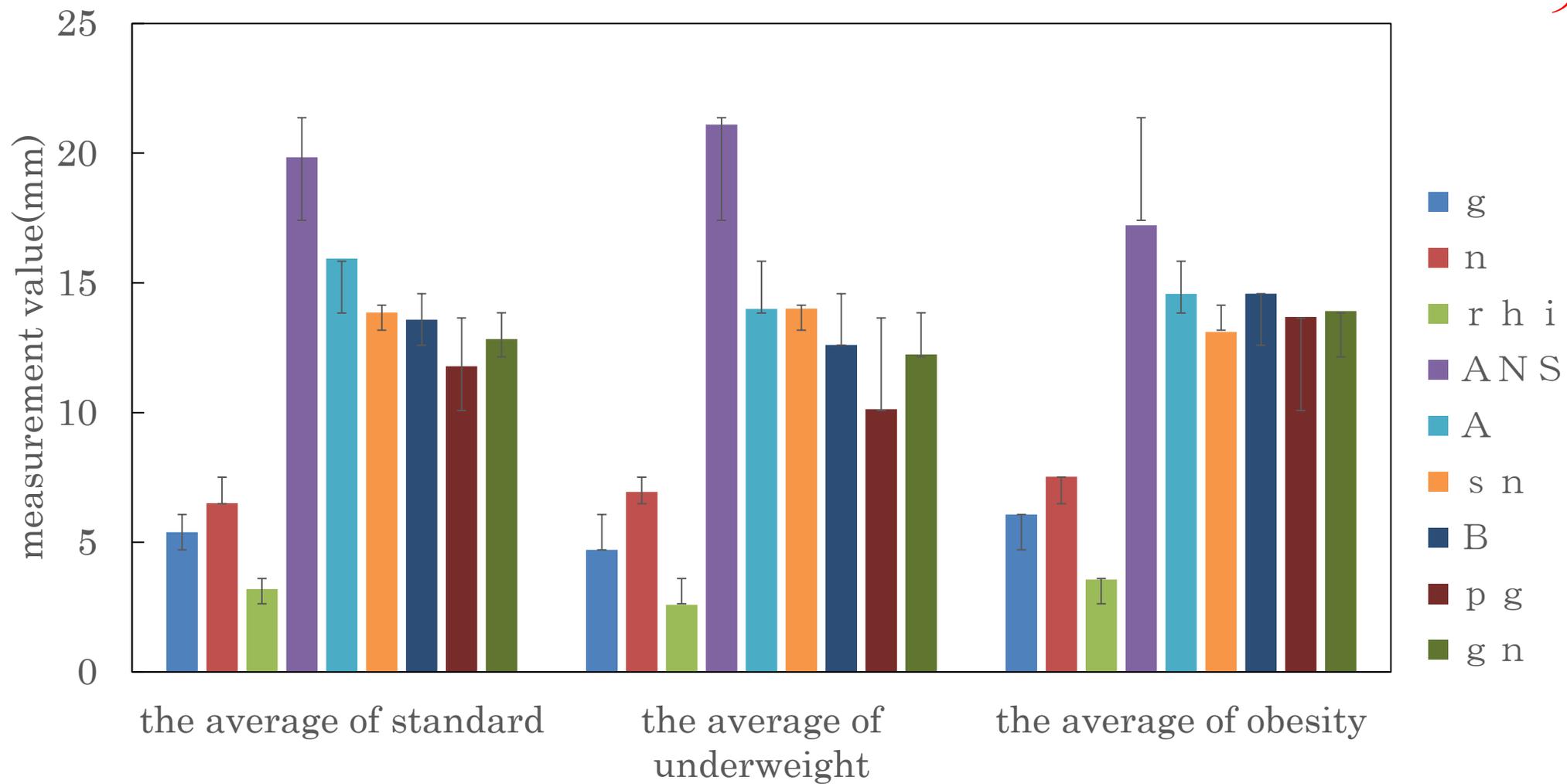
C



D

Fig 12 齊藤嘉大
天

Fig 13 齊藤嘉大
天



measurement data of the BMI level

Fig 14-a 齊藤嘉大
天

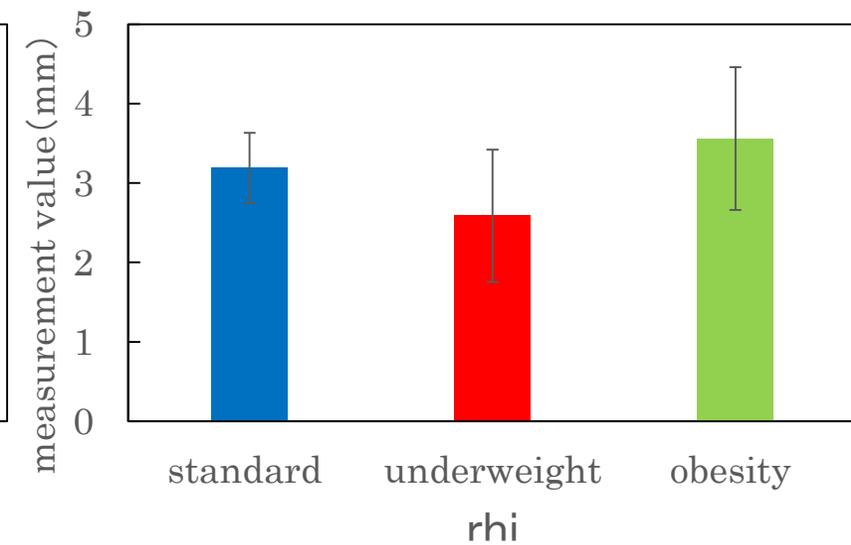
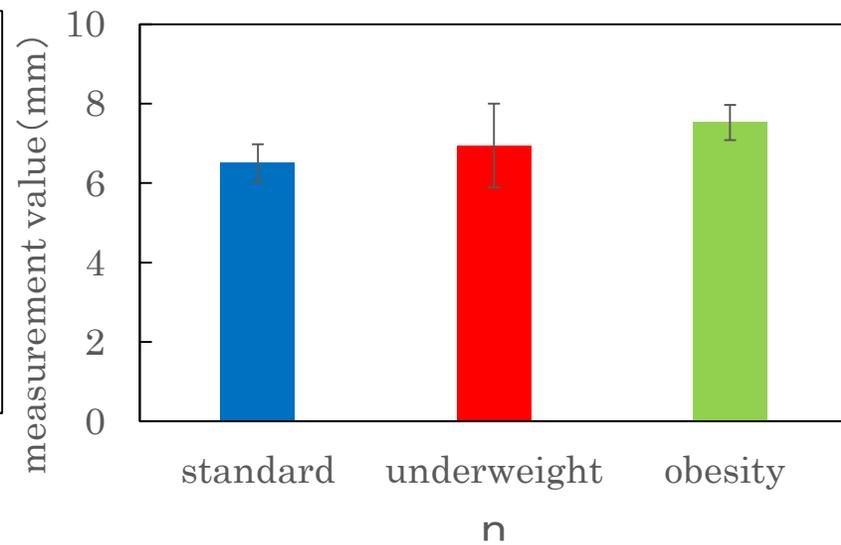
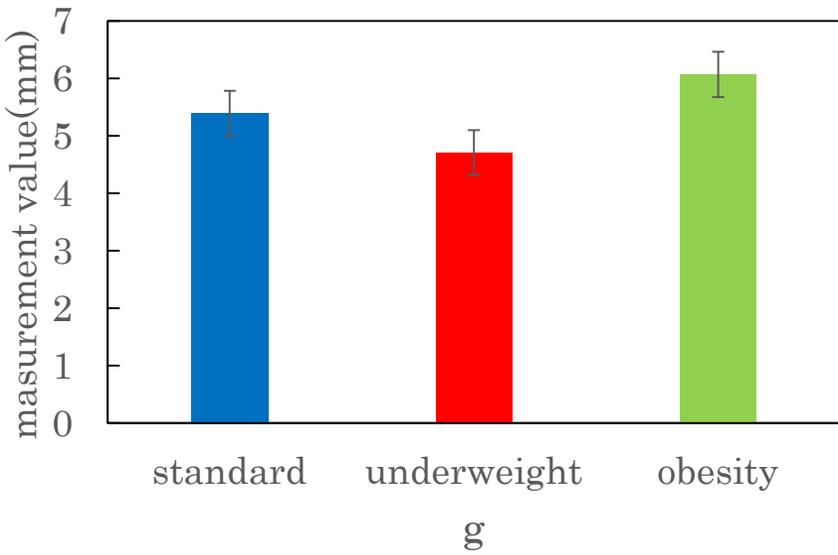


Fig 14-b 齊藤嘉大
天

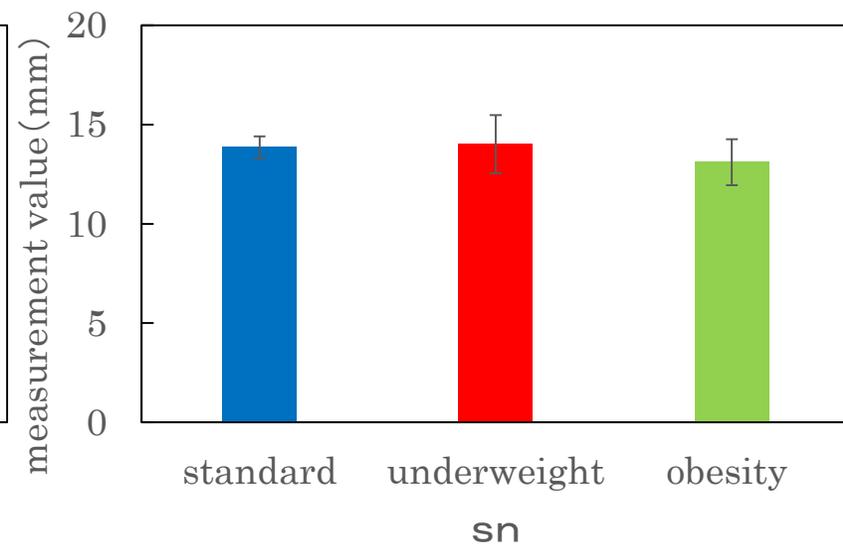
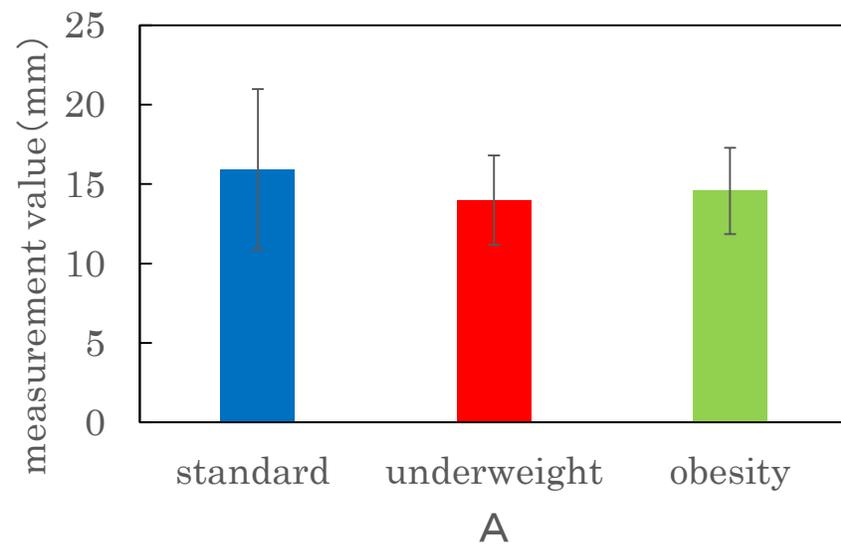
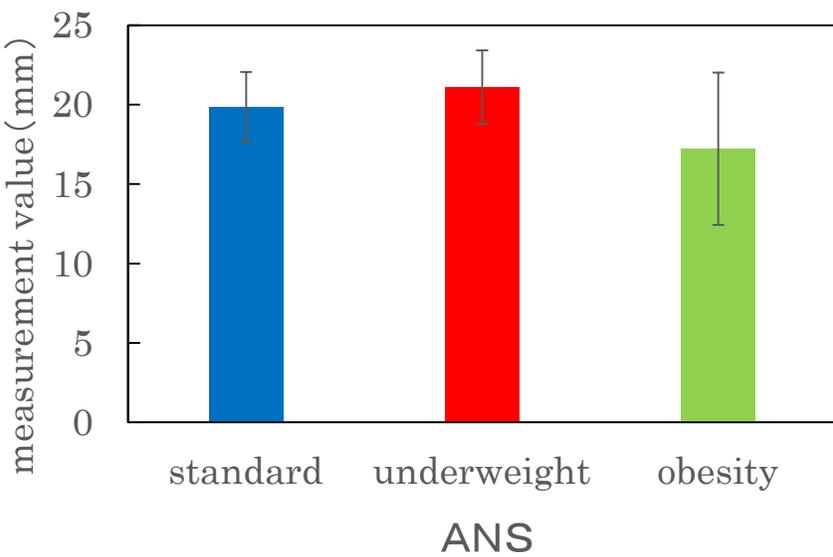


Fig 14-c 齊藤嘉大
天

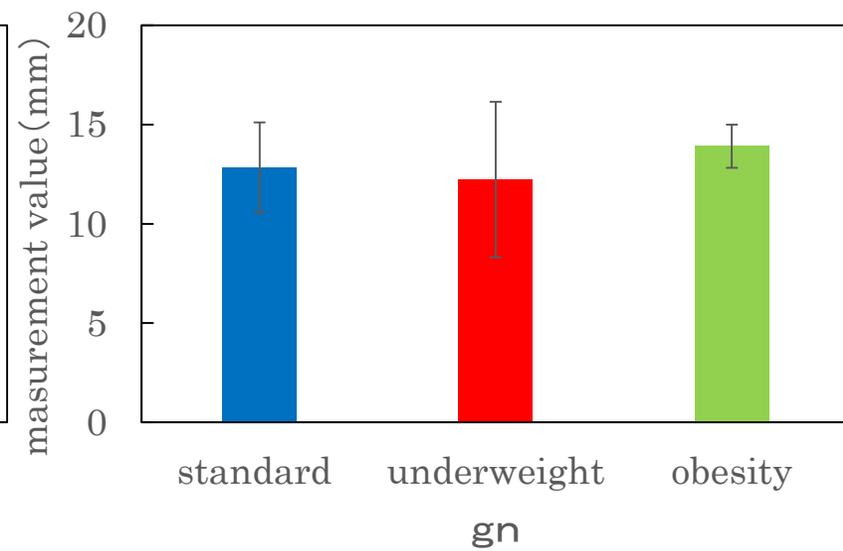
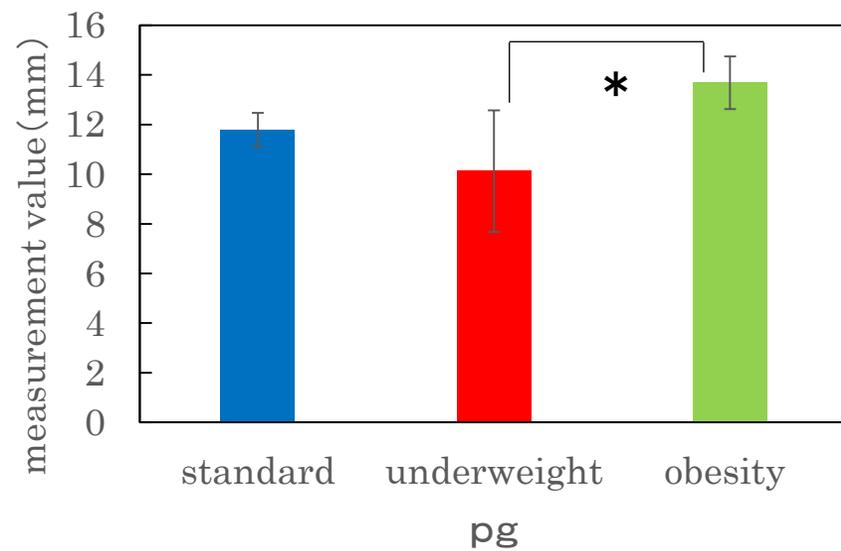
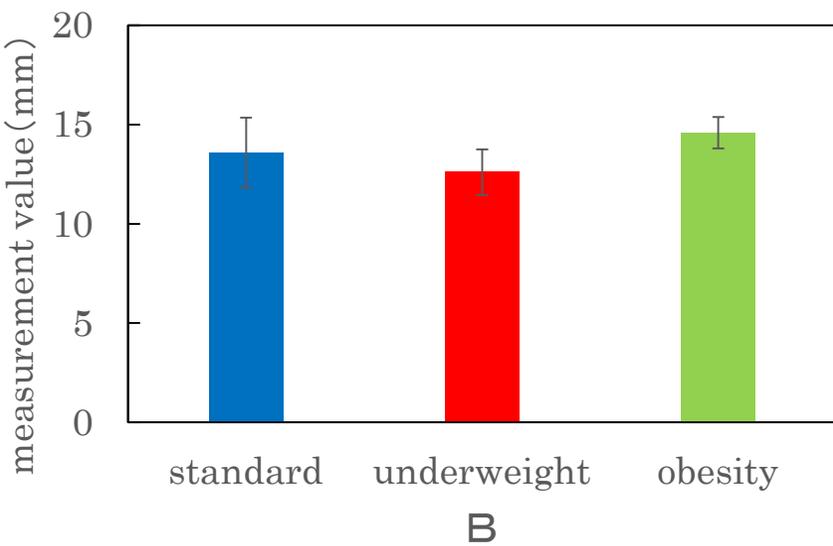


Fig 15-a 齊藤嘉大
天

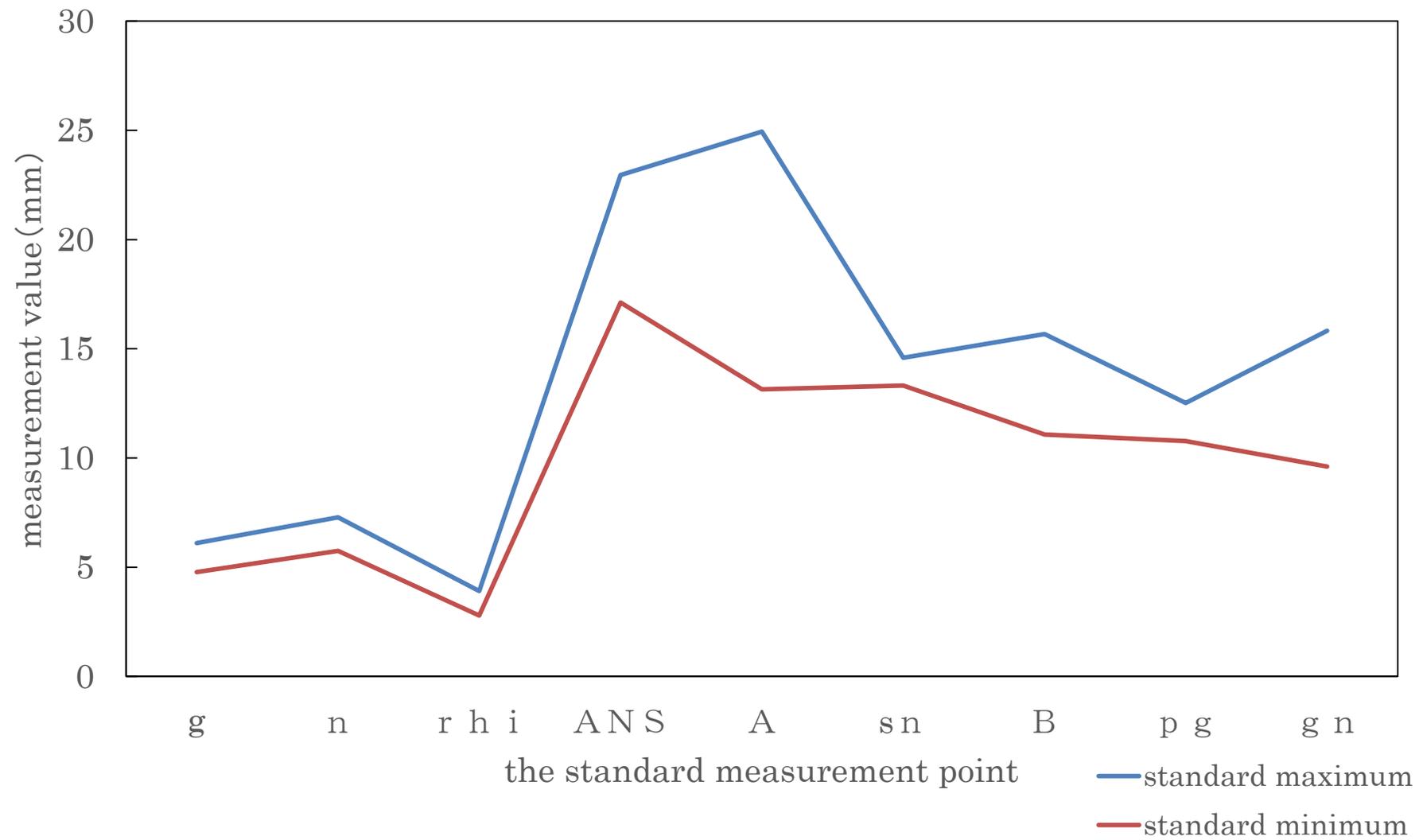


Fig 15-b 齊藤嘉大
天

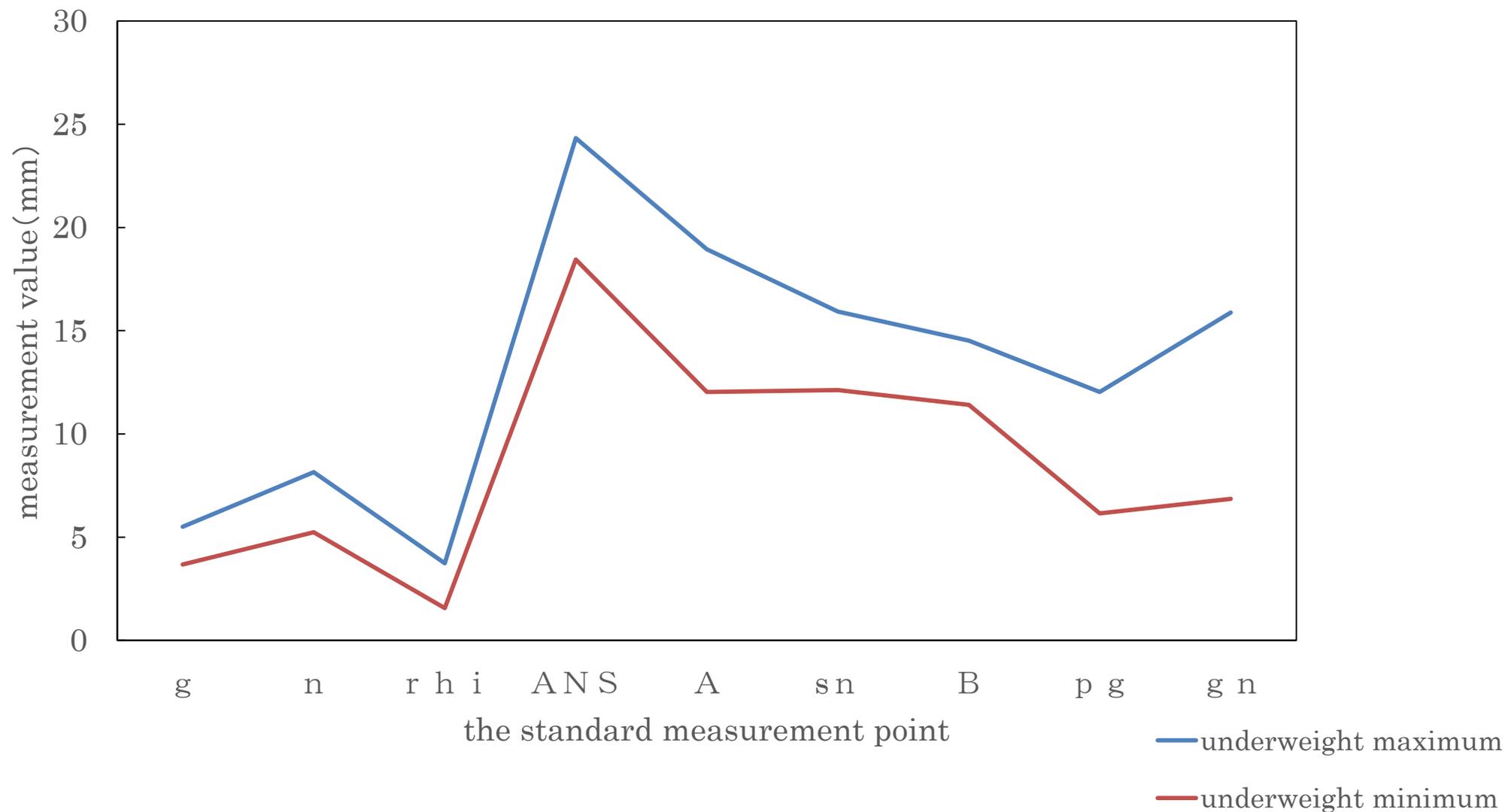


Fig 15-c 齊藤嘉大
天

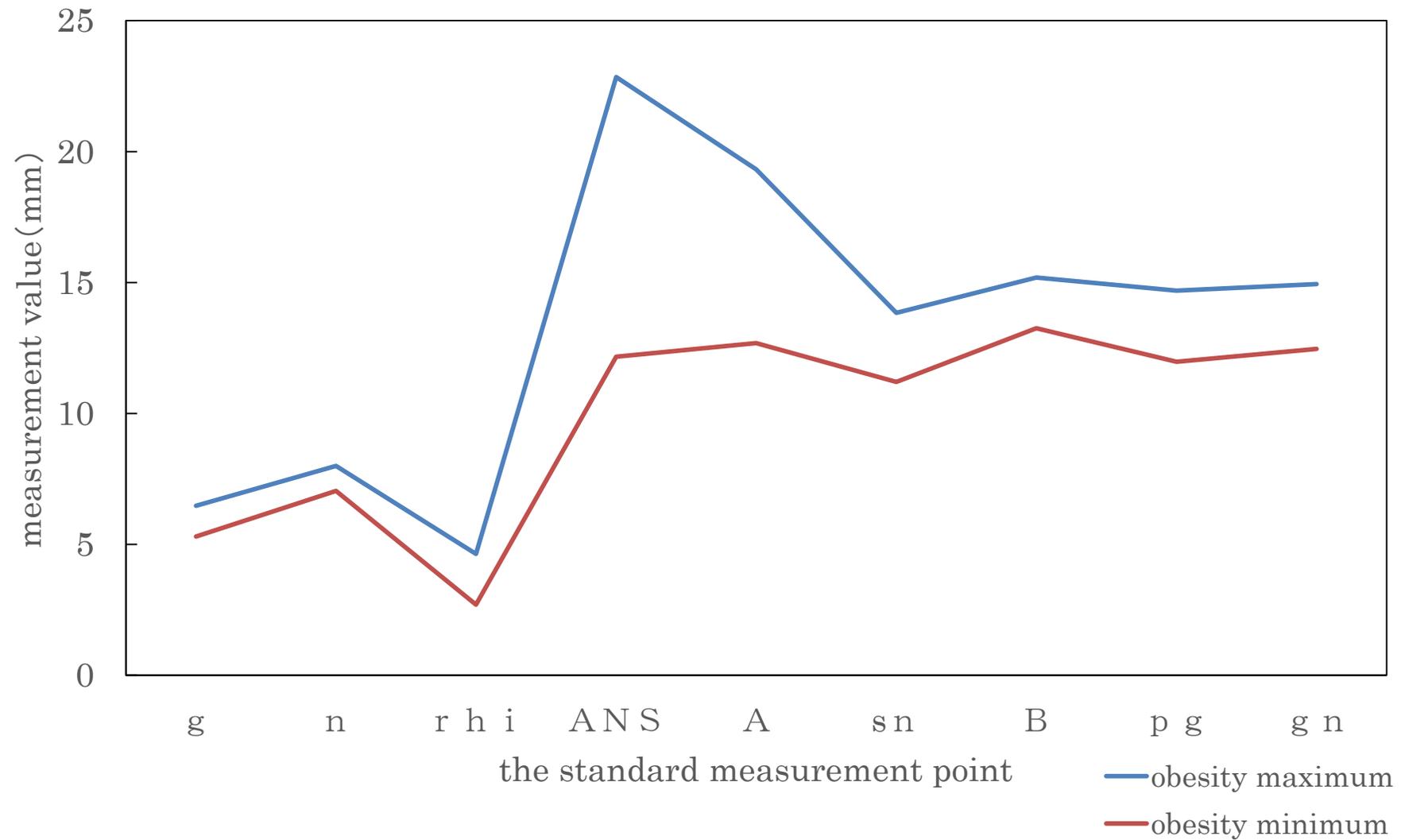


Fig 15-d 齊藤嘉大
天

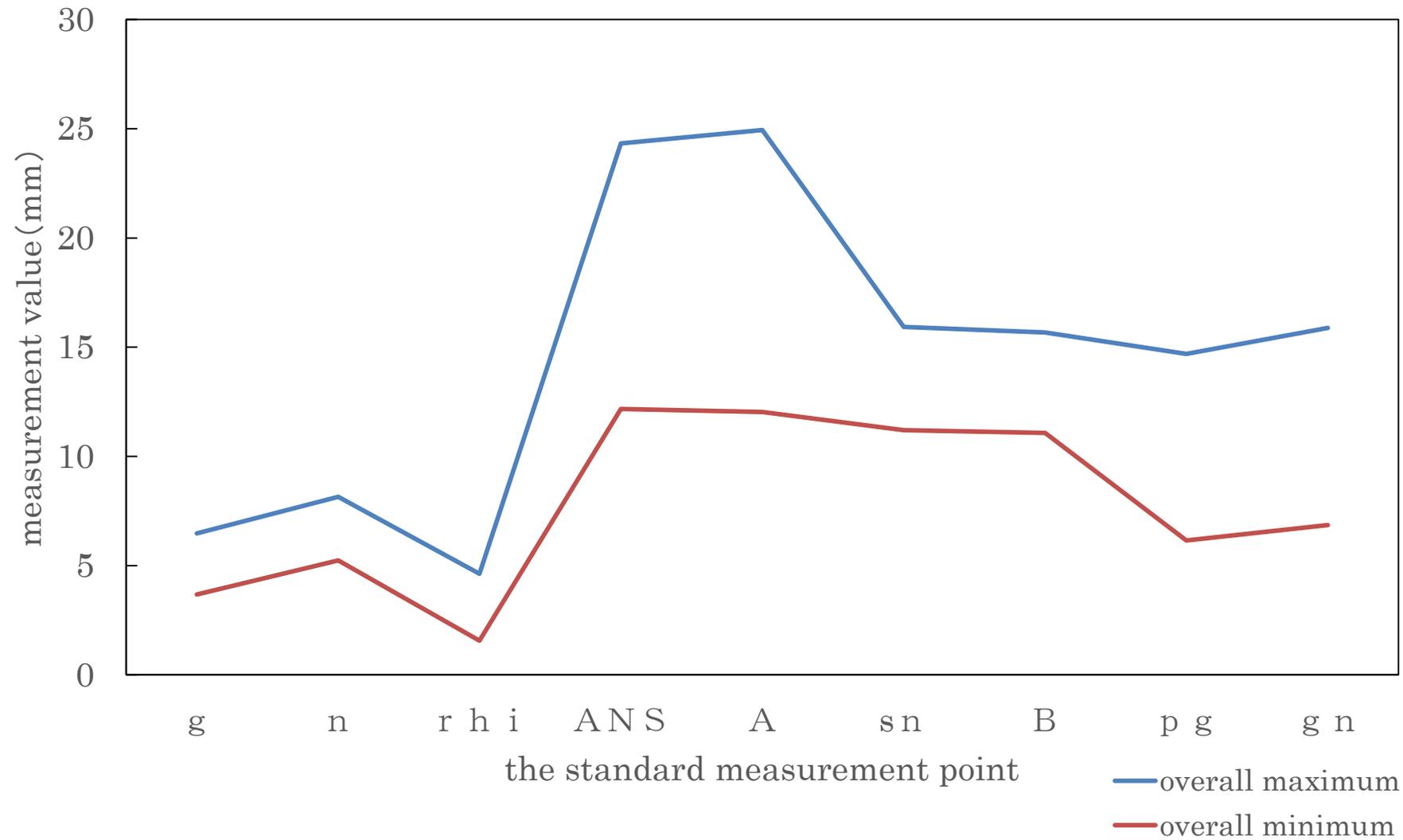


Fig 16 齊藤嘉大
天

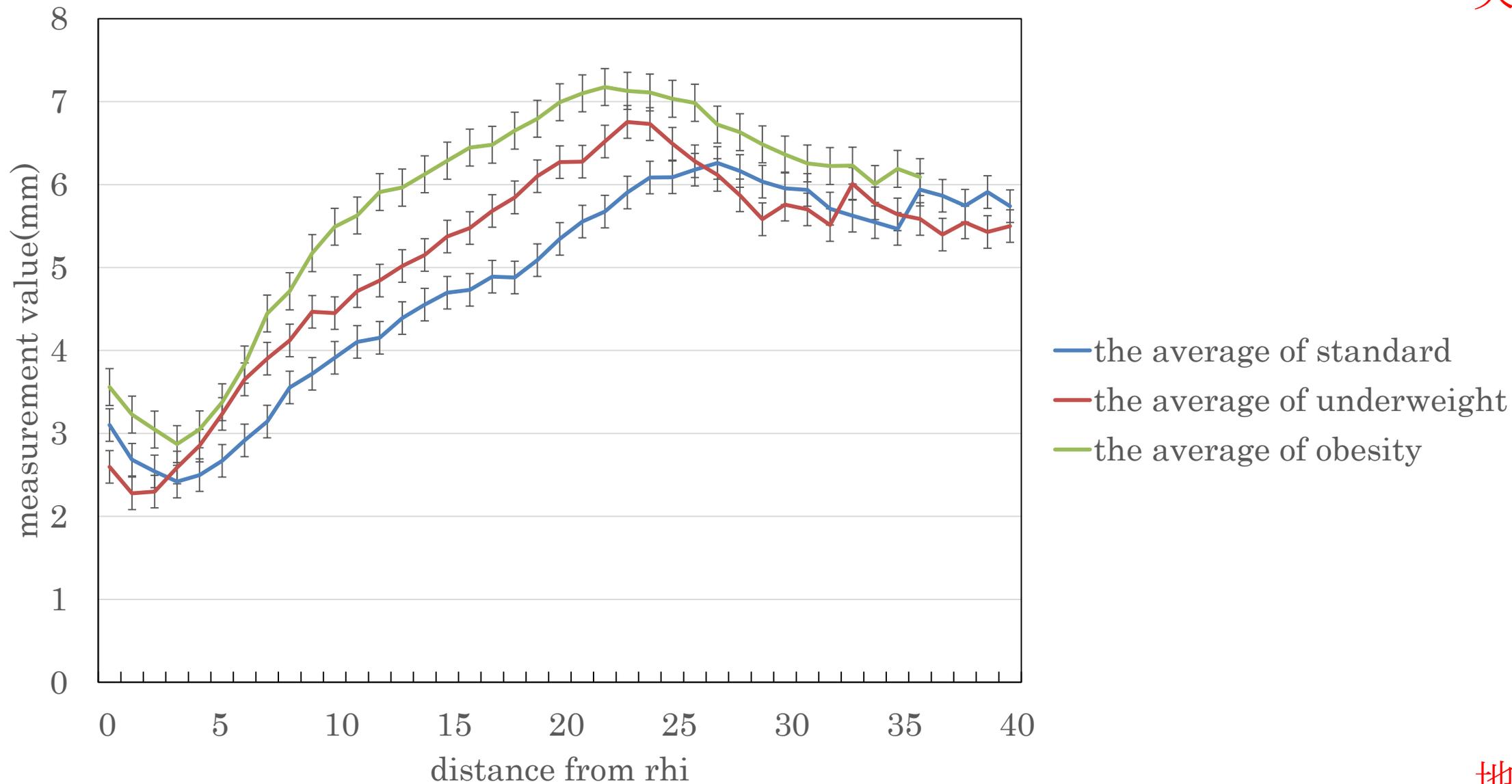


Fig 17 齊藤嘉大
天

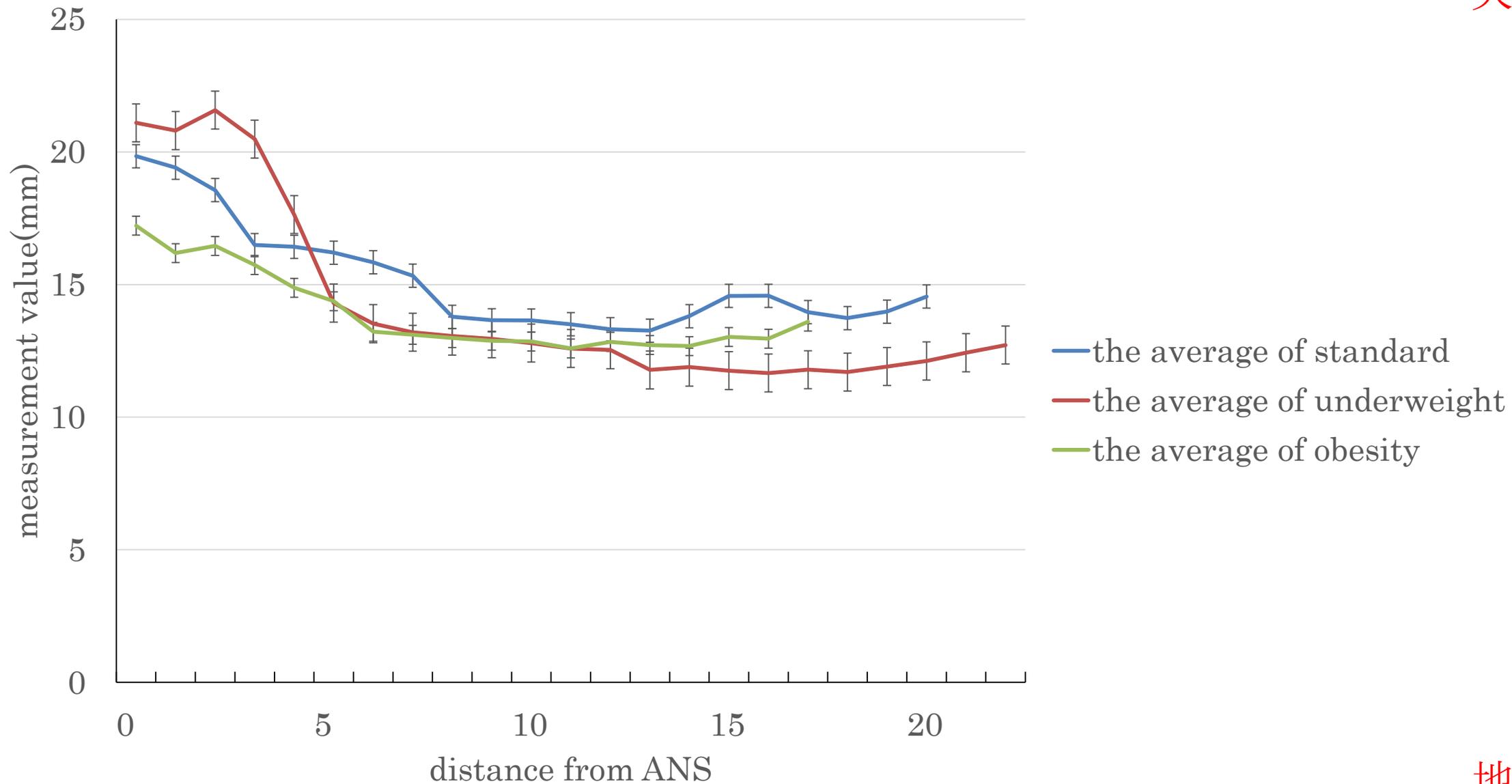


Fig 18 齊藤嘉大
天

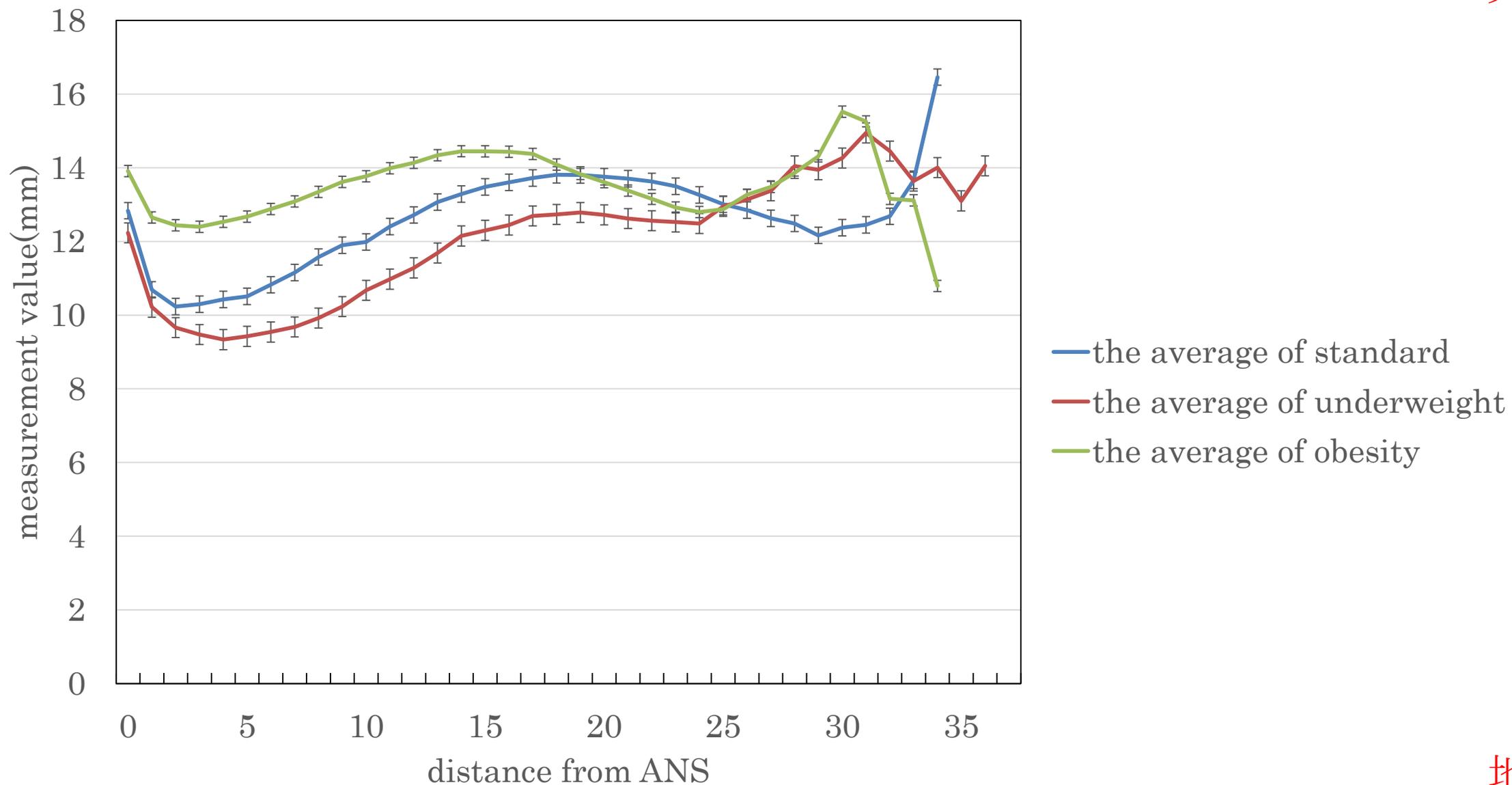


Fig 19-a 齊藤嘉大
天



Fig 19-b 齊藤嘉大
天



Fig 19-c 齊藤嘉大
天

