

研究紀要

— 専修学校教員国内派遣研修事業 —
— 専修学校教員研究奨励事業 —

平成25年度

研究紀要第34号に寄せて

一般財団法人職業教育・キャリア教育財団

理事長 福田 益 和

一般財団法人職業教育・キャリア教育財団(平成24年4月に旧・財団法人専修学校教育振興会より移行。)では、専修学校における研究・研修活動を推進・奨励し、ひろく専修学校教育の質的向上、内容充実に資することを目的として、文部科学省から補助を得て教員研究・研修事業を実施しております。

毎年、各分野から応募が寄せられておりますが、研究研修事業中央委員会での審査の結果、今年度は派遣研修と研究奨励を1件ずつ事業の対象とし、その成果を研究紀要第34号としてここに刊行する運びとなりました。

これらの研究成果は、各学校の教育内容の充実にってはもちろん、社会的、学術的にも重要であり、ひろく専修学校教育に従事しておられる教員の方々の参考になるものと考えております。

専修学校は従来の教育実績をふまえ、社会人に対しても高度な職業教育を提供できる機関として、その役割が大変期待されており、今後とも、教育内容を一層充実させ、その振興を図る必要があります。

これからも優れた研究の成果が本財団に寄せられ、専修学校教育の質が充実、向上し、発展していくことを期待しております。

平成26年3月

目 次

・専修学校教員国内派遣研修事業

加速度センサーを用いたヒト動作分析の可能性について

九州中央リハビリテーション学院

丸山 倫司..... 5

・専修学校教員研究奨励事業

歯科技工士のCAD / CAMオペレーターとしての有資格化に向けての調査研究
～歯科技工士の国家資格保持者が
適正な歯科用CAD / CAMオペレーターであることの検証～

新大阪歯科技工士専門学校

中川 正史..... 13

専修学校教員国内派遣研修事業

加速度センサーを用いたヒト動作分析の可能性について

丸山 倫司

九州中央リハビリテーション学院

1. 研究の趣旨

理学療法士の養成定員は年間1万3千人を超え、同時に国家試験を経て年間約1万人以上の理学療法士が誕生している。彼らはパソコンやタブレット端末、携帯電話の所持は当たり前という、いわゆる“デジタル世代”であり、なかには依存とも言えるほどそれらを常に携え使っている。したがって、理学療法における評価や治療技術においても世代変化に伴いデジタル化することが大いに期待される。理学療法士の間では古くから「評価に始まり評価に終わる」と言われ、その時々、患者の障害の度合いやコンディションを知ること、すなわち「評価」がなければ、適切な治療技術を選択し提供できない。したがって評価を客観的かつ定量的に行うことが望まれるが、現場で使われている主な評価方法やツールは、評価する環境や設定の手間等の諸条件を選ばないことから、評価者の目視であったりプラスチック製の角度計であったりと、ここ数十年大きな進歩は認められない。ここにいわゆる“デジタル”と“アナログ”の違い、現状と理想のギャップを強く感じざるを得ないのである。そこで我々は、目視やプラスチック製角度計に換わり得る、評価環境を選ばず使用が容易な評価機器を目標に、加速度センサー、特にスマートフォン内蔵の加速度センサーモジュールを利用したシステム構築について研究を行ったのでここに報告する。

2. なぜ加速度に着目したのか？

ヒトの動作を表現するためのパラメータは位置（変位）や速度などを用いることが多い。ゆえに動作にあわせ表現に用いれば慣れ親しみもあり想起しやすい。時々刻々と変化する動作を、瞬時に、さらに簡単に変位や速度を記録すれば、動作分析が量的に判断することができ有益である。しかしながら、現在理学療法の分野において、臨床現場で手軽に計測できる機器は見当たらない。動作を表現する要素に加速度を用い論じられるのはこれまで少なかったが、変位や速度と加速度の関係を整理して理解すれば、随分捉えやすくなる。加速度を積分すれば速度となり、さらに速度を積分することで位置となる。つまり、ヒトの動作を計測する要素の入り口を加速度とすることで、計算によって速度や位置を導けば、想起しやすいパラメータへ変化させることができる。

加速度を計測するツールは、加速度計を用いる。ヒトの動作分析のために加速度計測を用いる手法はこれまでもいくつか報告¹⁾²⁾がある。いずれも自作や市販の実験・研究用の加速度計を用いているが、理学療法における一般的な評価ツールにはなっていない。これは、加速度センサーモジュール自体が大型であることや高価なことも要因であるといえる。ところが、近年驚くべき速さで加速度センサーの小型化と低価格化が進んだ。この背景には、

携帯端末（パソコンや通信機器）の小型化と高性能化がある。スマートフォンやタブレット端末には、多種のセンサーモジュールが搭載されている。これまで据え置きであった機器が小型化され、今後はウェアラブルになることが想定されており、その機器の位置や方向を関知するために外部からの情報をセンシングするためである。実際、スマートフォンなどの本体を回転させると、表示画面が回転するのは、これを利用している。よって、我々はスマートフォン自体を身体に固定することによって、内蔵された加速度センサーモジュールを活用し、加速度を計測する発想へたどり着いた。

3. 具体的なシステム内容について

システム構成は以下の通りである。（図 1）

①市販スマートフォン端末：検証機器：
SAMSUNG 社製 Galaxy S3

加速度センサーが搭載された市販のスマートフォン端末を用いる。本検証機器においては加速度の分解能が 100Hz であるが、これは端末の性能に依存する。最新の機器においては 200Hz で記録できることが確認されている。

②加速度計測アプリケーション：トリガー版 シンプル加速度ロガー（図 2）

たかやまそふと社との共同開発で、Android OS において加速度計測・記録・表示、さらに同期信号の記録・表示を行うアプリケーションを作成した。表示は端末のディスプレイへ波形・数値として表示され、加速度・同期信号共に CSV 形式で記録される。また、高速フーリエ変換(FFT)解析機能も有しており、周波数解析も可能である。

③同期信号ユニット

ヒトの動作分析はいくつかの“相”に分けて、時間要素を加えて判断する。動作は連続しているので、動作の基点を作るために同期信号ユニットを作成した。感圧スイッチやレーザ等のセンサーよりアナログ信号でスマートフォンへ入力する。接続にはヘッドセット端子より有線方式を採用し、信号入力の時間遅延を防



図 1：システム全景

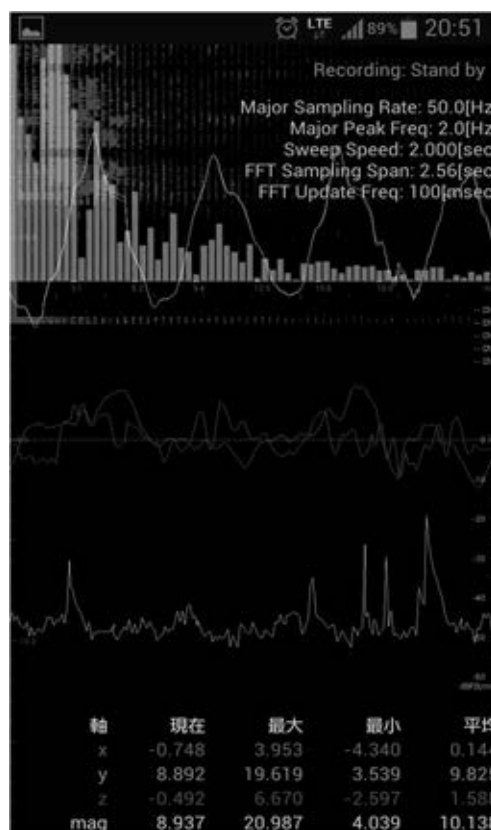


図 2：アプリ画面

ぐようにした。アプリケーション内で A/D 変換し記録されることで、動作の基点と加速度の変化を同定することができる。例えば歩行動作であれば、踵の接地位置と足趾の離地位置に感圧センサーを配置すれば、波形より立脚期を判断できる。

④ 端末固定ベルト

端末を身体の様々な部位に固定できるよう、調整可能なベルトを作成した。端末は袋状のケースにし、タッチディスプレイが操作できるように、静電気を通すようなフィルムを用いた。ベルトは両引きのバックルとし、なるべく強固に固定できるようにした。

4. 計測方法

① 端末を配置する。

スマートフォンは固定ベルトを用いて、データを計測したい部位へ固定する。文献より、第3腰椎（以下、L3）位へ加速度センサーを配置し測定した加速度は床反力と高い相関を認めており、歩行動作を計測する指標に用いる。また、端末内のセンサーモジュール位置を確認し、それを中心にL3位へ配置する。

② 同期信号ユニットの装着

動作にあわせて動作の基点を検出するために、身体と地面など接触位置を決め、感圧センサーを貼付する。ユニットはスマートフォンのヘッドセット入力端子へ接続する。

③ 計測

アプリケーションを操作し、目的動作間に計測・記録を行う。

④ パソコンへデータを転送する。

メモリーカードやオンラインストレージを介して、記録された CSV ファイルを転送する。

⑤ 表計算ソフトでグラフ化や積分処理等を行う。



図 3：システム装着例

5. 計測例

健常成人が平地歩行をした際の加速度と同期信号波形を図 4 に示す。X・Y・Z 軸の 3 軸加速度と、この図 4 では感圧スイッチを踵外側と母趾先端へ配置しているため、立脚時期を示している。

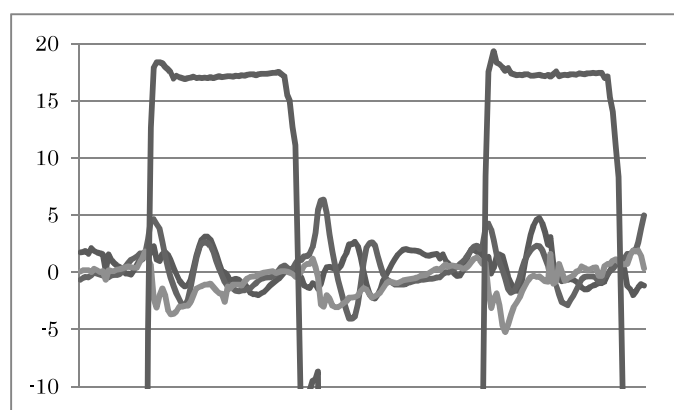


図 4：計測した波形

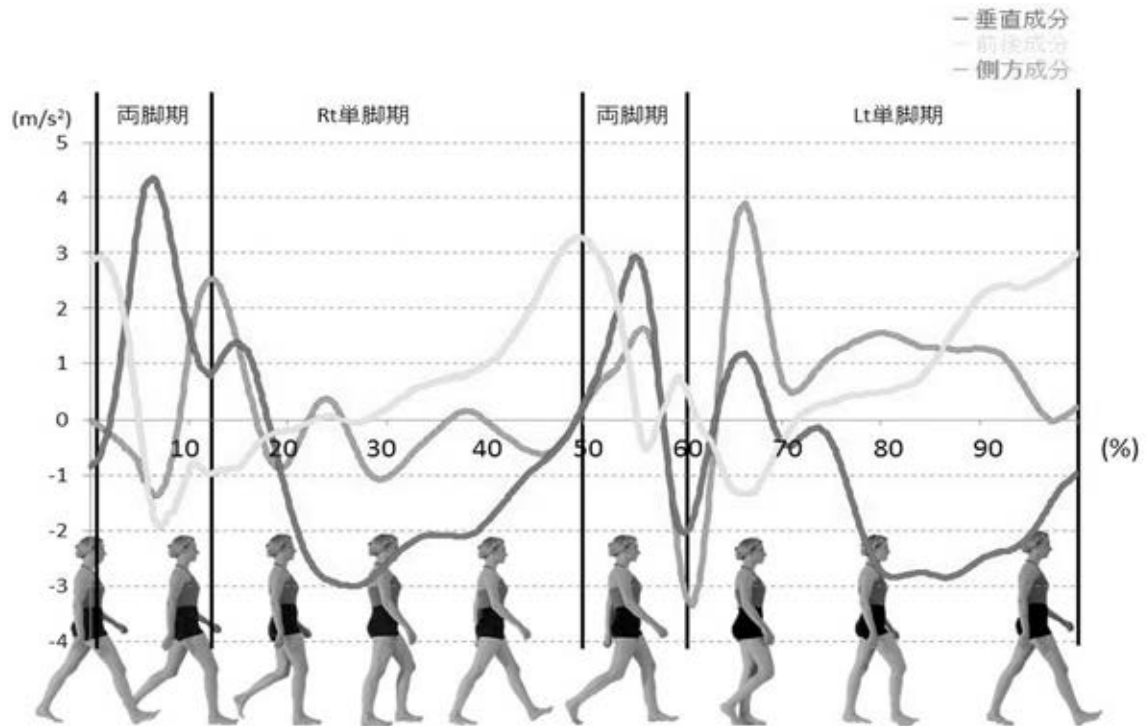


図 5：加速度を時間正規化したグラフ

さらに、1 歩行周期を 100%とし時間正規化を行ったグラフを図 5 に示す。同期信号を基点に波形を切り出し、グラフ化することで介入前後の加速度の比較が容易となる。当然、切り出したデータを積分処理すれば、理論上、計測点の速度や変位を求めることも可能である。

6. 精度検証

新たな試みであるため、既存の機器との精度検証を行った。検証機器は三次元動作解析装置 VICON 社製 VICON NX+、解析ソフト VICON NEXUS を使用し、スマートフォンの加速度センサーモジュール位置に赤外線反射マーカを設け、双方 100Hz にて加速度を同時計測した。Pearson の相関係数にて検定したところ、X 軸： $r=0.75$ 、Y 軸： $r=0.91$ 、Z 軸： $r=0.95$

であり、いずれも強い相関を認めた($p<0.01$) (図 6)。このことから三次元動作解析装置の一部の機能を担う可能性が示唆された。



図 6：検証結果 (Z 軸)

7. 今後の課題

一連のシステムとしては製作できたが、デザインや使い勝手の面では改善の余地がある。また、測定に必要としない振動も加速度として計測データに含まれるため、バンドパスフィルター等を設ける必要がある。既存の計測機器にて精度検証を行い、改変を行うことで、臨床を中心とした手軽な動作分析のツールになると考えている。

8. まとめ

- ①本研究にてスマートフォンの加速度センサーモジュールを活用した簡易動作解析システムを開発した。
- ②既存の動作解析システムと比較した結果、3軸加速度において高い相関が得られた。
- ③今後は精度・使い勝手を検証し、システムの改変を行い製品化へつなげたいと考えている。

※1：本研究の一部は第29回日本義肢装具学会学術大会にて発表³⁾した。

※2：開発したシステムは国立大学法人佐賀大学を通して特許出願を行った。

- 1) 大坂裕 他：歩行分析における加速度計の適切な装着部位, 理学療法科学, 2011, 26 (6), 785-789.
- 2) 小椋一也 他：通常歩行時の骨盤加速度に注目した歩行分析—若年者における歩行時加速度の特徴的パターンの同定に関する検討—, 理学療法科学, 2005, 20(2): 171-177.
- 3) 丸山倫司 他：簡易型動作解析システムの開発～スマートフォン内蔵の加速度センサーによる動作解析～, 日本義肢装具学会誌, 2013, 29, 268.

専修学校教員研究奨励事業

歯科技工士の CAD/CAM オペレーターとしての有資格化に向けての調査研究
～歯科技工士の国家資格保持者が
適正な歯科用 CAD/CAM オペレーターであることの検証～

中川 正史
新大阪歯科技工士専門学校

1. 背景

近年、歯科技工業界においては歯科材料・機器の開発によって歯科用 CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing 以下 CAD/CAM とする) が発達し、歯科業界に大きな影響を与えている。歯科用 CAD/CAM により、従来から用いられている技術がアナログからデジタル化され、歯科技工士にとっては仕事環境、技工物の製作方法、時間短縮および製作コストの効率化など多くのメリットをもたらしている¹⁾。一方 CAD/CAM は、これまでの歯科技工士の教育内容に含まれておらず、CAD/CAM 操作に歯科技工士としての資格化への要求がクローズアップされる由縁でもある。

2. 歯科用 CAD/CAM システムとは

歯科用 CAD/CAM システムは歯科技工物の設計と加工の効率化をはかるために開発されたシステムである。歯科用 CAD/CAM システムは、CAD と CAM の 2 つのシステムから構築される。CAD とは、Computer Aided Design の略であり、『コンピュータの支援設計』である。コンピュータは人の設計作業を助けることを目的としたものであって、コンピュータが自動的に設計を行うものではない。設計作業は歯科技工士としての能力を生かして創り上げる作業であり、コンピュータで自動化することは困難である。このため、製作する作業は人が行い、CAD はそれを助けることを目的としている。

換言すれば、CAD は対象となる物を設計し、その対象となる物の形状モデルをコンピュータ内に構築するシステムである。この形状モデルを作成するソフトウェアを『形状モデラ』といい、CAD には、この形状モデラを中核として、対象となる物の設計のための機能が付加されている。

一方、CAM とは、Computer Aided Manufacturing の略であり、『コンピュータの支援製造』とよばれている。製造作業を助けるためにコンピュータを使うが、実際はコンピュータがほとんどの作業を自動で行っている。それは設計に比べて製造には人の手が加わる要素があまりないからである。

CAM では、CAD で作成した対象となる物のデータをもとに NC 工作機械を動かすための NC データを作成する。NC は Numerical Control の略で、『数値制御』のことで

ある。NC 工作機械は、数値のデータによりコントロールされる工作機械であり、NC データはその数値であり、この NC データを基に加工を行う²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。

3. 現状

歯科用 CAD/CAM による歯科技工物のスキャニング、設計および加工方法はオペレーターが歯科技工士でなくても、つまり歯科技工の知識や技術がないものでも、機器がプログラムで作動するため、技工物を製作することが可能である。しかし、歯科技工物が画一的に製作されるため、必ずしも患者各位にとって最適な歯科技工物が製作されているとは限らない。従って、歯科技工士の国家資格を持たないものが、義歯などの歯科技工物を作るとは、歯科技工物に対する患者の要望に十分応えることができるものでなく、責任を負えるものではない。さらに、歯科医療業界においても社会的な大きな問題となる。

一方、教育面からみると、この歯科用 CAD/CAM の操作に必要な知識と技術は、厚生労働省の定める従来の歯科技工士教育カリキュラムには含まれていない。

4. 目的

歯科技工士が、歯科用 CAD/CAM オペレーターの知識と技術を習得すれば、オペレーターの資格者として適任であることを検証することを目的とし、アンケート調査を行った。

5. 方法

歯科技工物製作を行っている歯科医院および企業 400 ヶ所を任意抽出し、次の質問項目についてアンケート調査を 2013 年 1 月に郵送により行い、同年 3 月末までに回答を求めた。

●アンケート返信数：156 ヶ所（回答率：39.0%）

●アンケート質問項目

- ①歯科用 CAD の導入状況
- ②歯科用 CAD/CAM のメリット
- ③歯科用 CAD の設計
- ④歯科用 CAD オペレーターの必要な能力
- ⑤歯科技工士が持つ専門知識・技術の必要性
- ⑥歯科用 CAD オペレーターの適任者
- ⑦歯科用 CAD/CAM 教育の必要性

6. 結果および考察

① 歯科用 CAD の導入状況

歯科医院および歯科技工所の歯科用 CAD の導入状況の調査結果を図 1 に示す。歯科用 CAD の導入に関しては、「している」「していない」の 2 段階の選択肢を設けた。

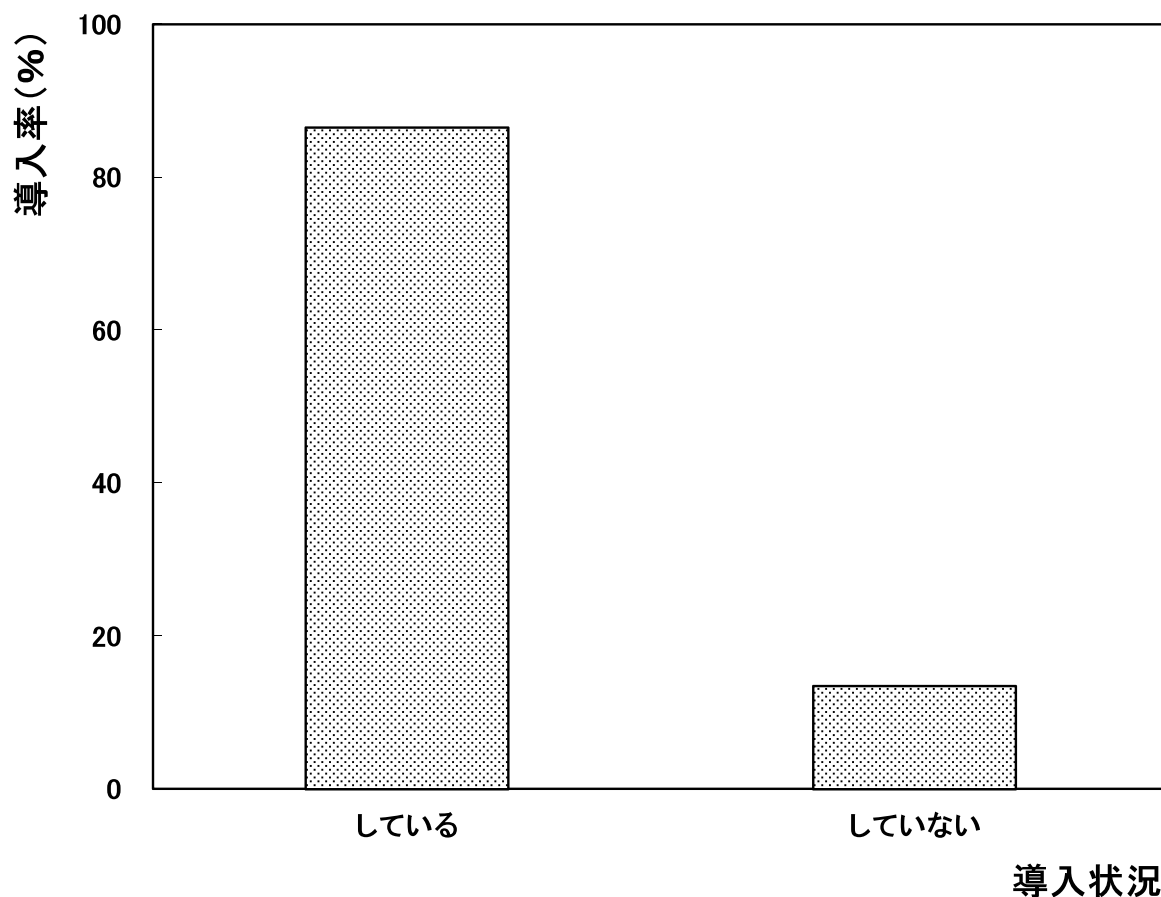
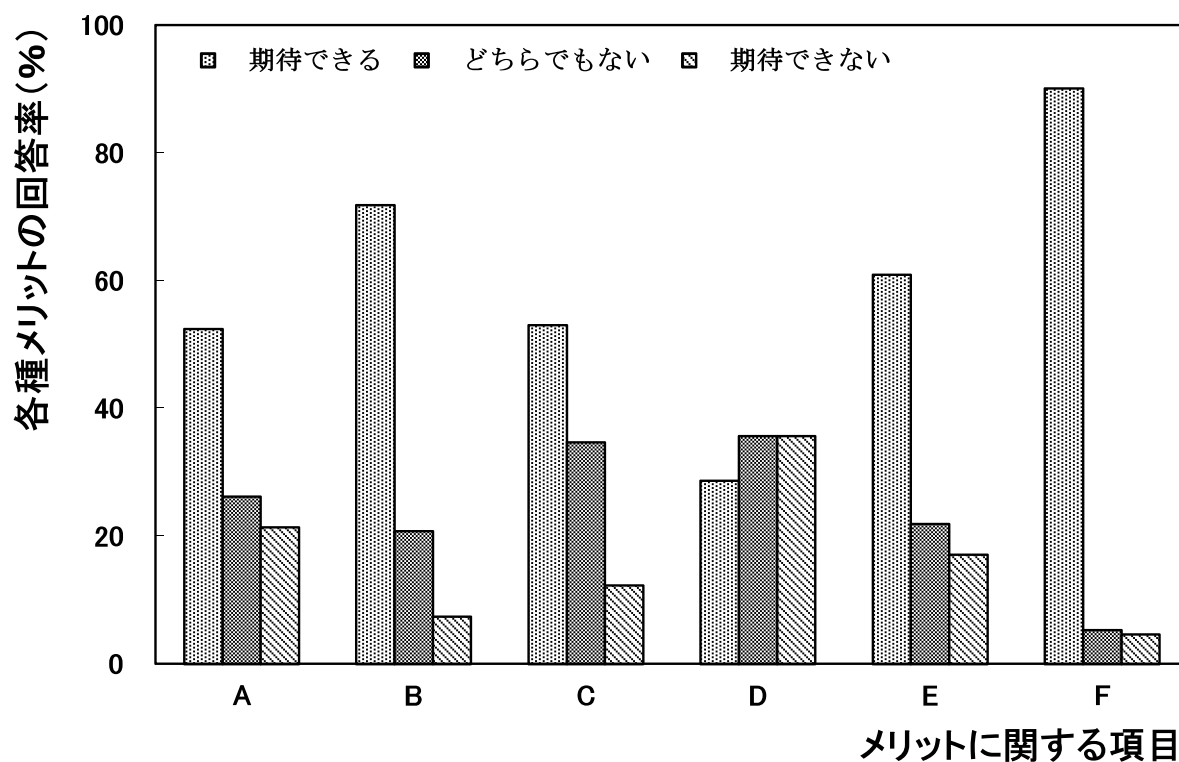


図 1. 歯科用 CAD の導入状況

回答率は、「している」が 86.5%、「していない」が 13.5%であった。歯科業界に歯科用 CAD が、多く普及し活用されていることがわかった。

②歯科用 CAD/CAM のメリット

歯科用 CAD/CAM の各種メリットについての調査結果を図 2、表 1 に示す。メリットに関しては、「期待できる」「どちらでもない」「期待できない」の 3 段階の選択肢を設けた。



A：時間の短縮， B：品質の安定性， C：品質の向上，
D：人件費の削減， E：生産性の向上， F：仕事内容の拡大

図 2. 歯科用 CAD/CAM の各種メリットについての回答率

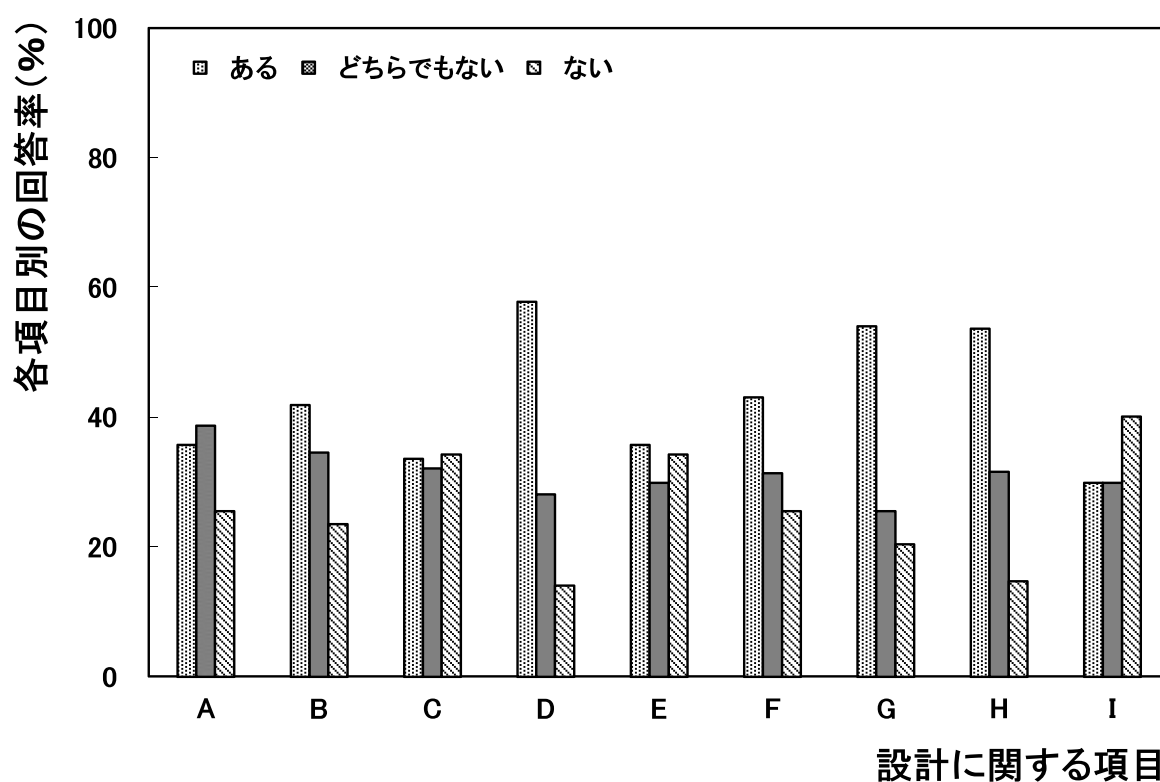
表 1. 歯科用 CAD/CAM の各種メリットについての回答率

項 目	選 択 肢		
	期待できる	どちらでもない	期待できない
A：時間の短縮	52.4%	26.2%	21.4%
B：品質の安定性	71.8%	20.8%	7.4%
C：品質の向上	53.1%	34.7%	12.2%
D：人件費の削減	28.6%	35.7%	35.7%
E：生産性の向上	61.0%	21.9%	17.1%
F：仕事内容の拡大	90.1%	5.3%	4.6%

A, B, C, E, F の項目で、「期待できる」という回答が得られた。特に、F:仕事内容の拡大に期待する回答が、90.1%と高い数値であった。D:人件費削減においては、期待できる回答が 28.6%と低く、歯科用 CAD/CAM で自動化とは言え、歯科技工士による調整が必要であることがわかった。

③ 歯科用 CAD の設計

歯科用 CAD の設計についての調査結果を図 3、表 2 に示す。その設計に関しては、「ある」「どちらでもない」「ない」の 3 段階の選択肢を設けた。



A: 工程の多さ, B: 操作の複雑さ, C: 作業時間の長さ, D: 画面の見にくさ,
 E: 形態の取りにくさ, F: 設計エラーの多さ, G: マージン設定の難しさ,
 H: 隣接歯とのコンタクト設定の難しさ, I: 対合歯との咬み合わせ

図 3. 歯科用 CAD の各種設計項目についての回答率

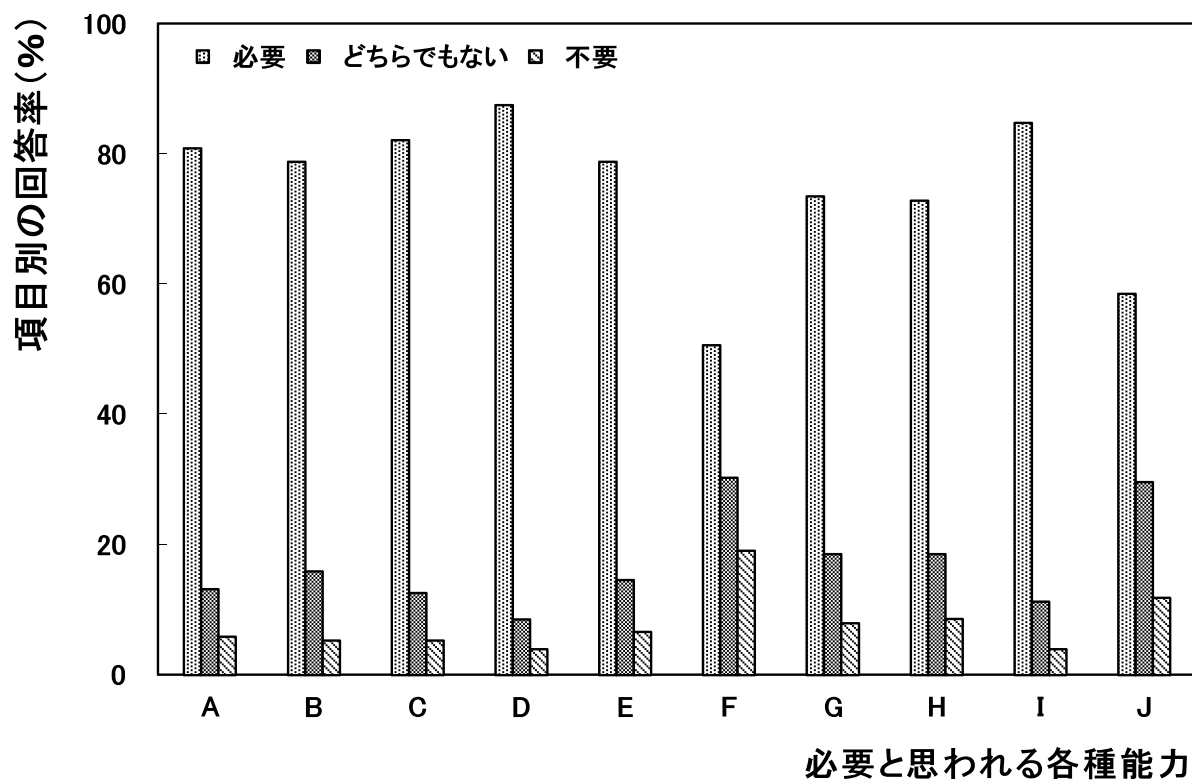
表 2. 歯科用 CAD の各種設計項目についての回答率

項 目	選 択 肢		
	ある	どちらでもない	ない
A : 工程の多さ	35.8%	38.7%	25.5%
B : 操作の複雑さ	41.9%	34.6%	23.5%
C : 作業時間の長さ	33.6%	32.1%	34.3%
D : 画面の見にくさ	57.8%	28.1%	14.1%
E : 形態の取りにくさ	35.8%	29.9%	34.3%
F : 設計エラーの多さ	43.1%	31.4%	25.5%
G : マージン設定の難しさ	54.1%	25.5%	20.4%
H : 隣接歯とのコンタクト 設定の難しさ	53.7%	31.6%	14.7%
I : 対合歯との咬み合わせ	29.9%	29.9%	40.2%

D, G, H の項目で、「ある」という回答に高い数値が見られた。D:画面の見にくさは、CAD のソフトウェアに問題があると考えられる。G:マージン設定の難しさと、H:コンタクト設定の難しさは、歯科技工物において細かな調整が特に必要な部分でもあることから、歯科用 CAD/CAM で製作した補綴物は、細かな調整が困難ということがわかり、最終的に歯科技工士による調整が必要であることがわかった。

④歯科用 CAD オペレーターの必要な能力

歯科用 CAD オペレーターにとって必要と思われる能力についての調査結果を図 4、表 3 に示す。必要な能力に関しては、「必要」「どちらでもない」「不要」の 3 段階の選択肢を設けた。



A：解剖学形態， B：CAD/CAM の適正な支台歯形態の見方，
 C：支台歯の歯肉周辺部のトリミング技術， D：フレーム（コーピング）のデザイン，
 E：フレーム（コーピング）の適合技術， F：PC の知識・技術， G：技工経験の必要性，
 H：材料学に基づく設計， I：咬合の知識， J：CAD の操作技術

図 4. 歯科用 CAD オペレーターにとって必要と思われる各種能力についての回答率

表 3. 歯科用 CAD オペレーターにとって必要と思われる各種能力についての回答率

項 目	選 択 肢		
	必要	どちらでもない	不要
A：解剖学形態	80.9%	13.2%	5.9%
B：CAD/CAM の適正な支台 歯形態の見方	78.8%	15.9%	5.3%
C：支台歯の歯肉周辺部の トリミング技術	82.1%	12.6%	5.3%
D：フレーム（コーピング） のデザイン	87.5%	8.6%	3.9%
E：フレーム（コーピング） の適合技術	78.8%	14.6%	6.6%
F：PC の知識・技術	50.6%	30.3%	19.1%
G：技工経験の必要性	73.6%	18.5%	7.9%
H：材料学に基づく設計	72.9%	18.5%	8.6%
I：咬合の知識	84.7%	11.3%	4.0%
J：CAD の操作技術	58.6%	29.6%	11.8%

「必要」と回答した数値は、各項目において 50.0%以上を超えており高いものであった。歯科用 CAD オペレーターにとって、すべての項目が必要とされる能力であることがわかった。

⑤ 歯科技工士が持つ専門知識・技術の必要性

歯科用 CAD オペレーターが歯科技工士の専門的知識・技術を持つことの必要性についての調査結果を図 5 に示す。その専門的知識・技術の必要性に関しては、「必要」「どちらでもない」「不要」の 3 段階の選択肢を設けた。

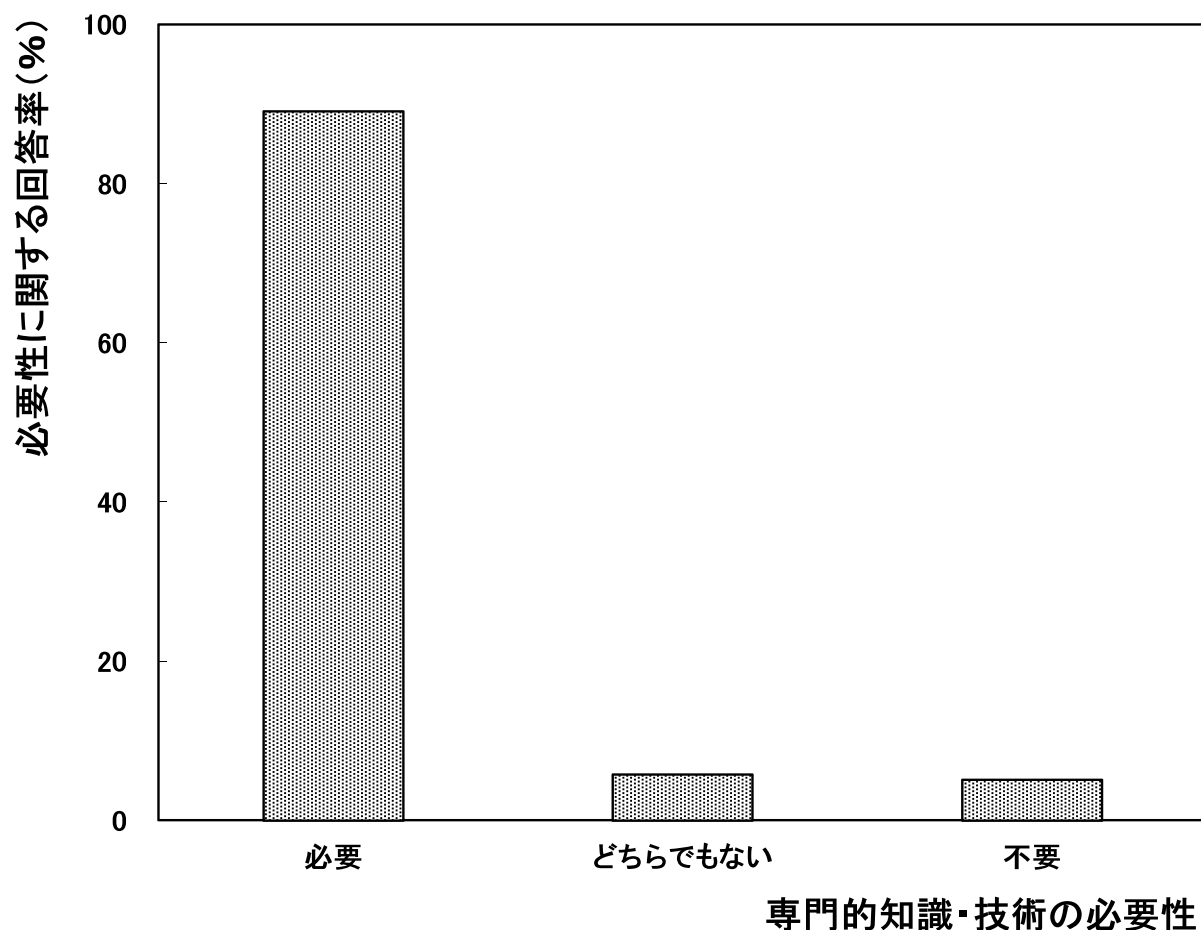


図 5. 歯科用 CAD オペレーターが歯科技工士の専門的知識・技術を持つことの必要性

回答率は、「必要」が 89.1%、「どちらでもない」が 5.8%、および「不要」が 5.1%であった。歯科用 CAD オペレーターにとっても歯科技工士の専門的知識・技術を持つことが必要だということがわかった。

⑥ 歯科用 CAD オペレーターの適任者

歯科用 CAD オペレーターの適任者についての調査結果を図 6 に示す。その適任者に関しては、「歯科医師」「技工士」「衛生士」「歯科助手」「その他」の 5 段階の選択肢を設けた。

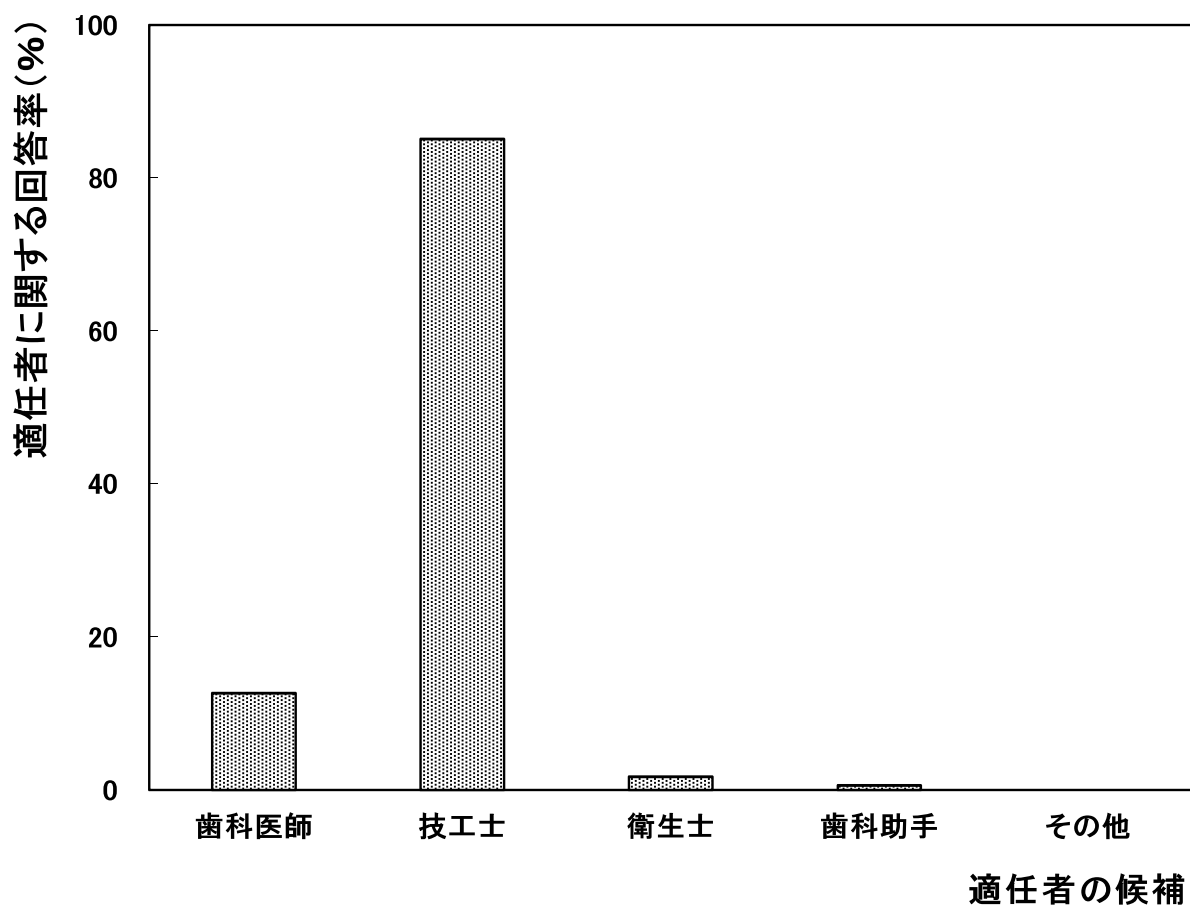


図 6. 歯科用 CAD オペレーターの適任者

回答率は以下の通りである。

- ・ 歯科医師：12.6%
- ・ 技工士：85.1%
- ・ 衛生士：1.7%
- ・ 歯科助手：0.6%
- ・ その他：0.0%

歯科技工士が 85.1% と高い数値を示し、歯科用 CAD オペレーターの適任者であることがわかった。

⑦歯科用 CAD/CAM 教育の必要性

歯科技工士養成機関における CAD/CAM 教育の必要性についての調査結果を図 7 に示す。その必要性に関しては、「必要」「どちらでもない」「不要」の 3 段階の選択肢を設けた。

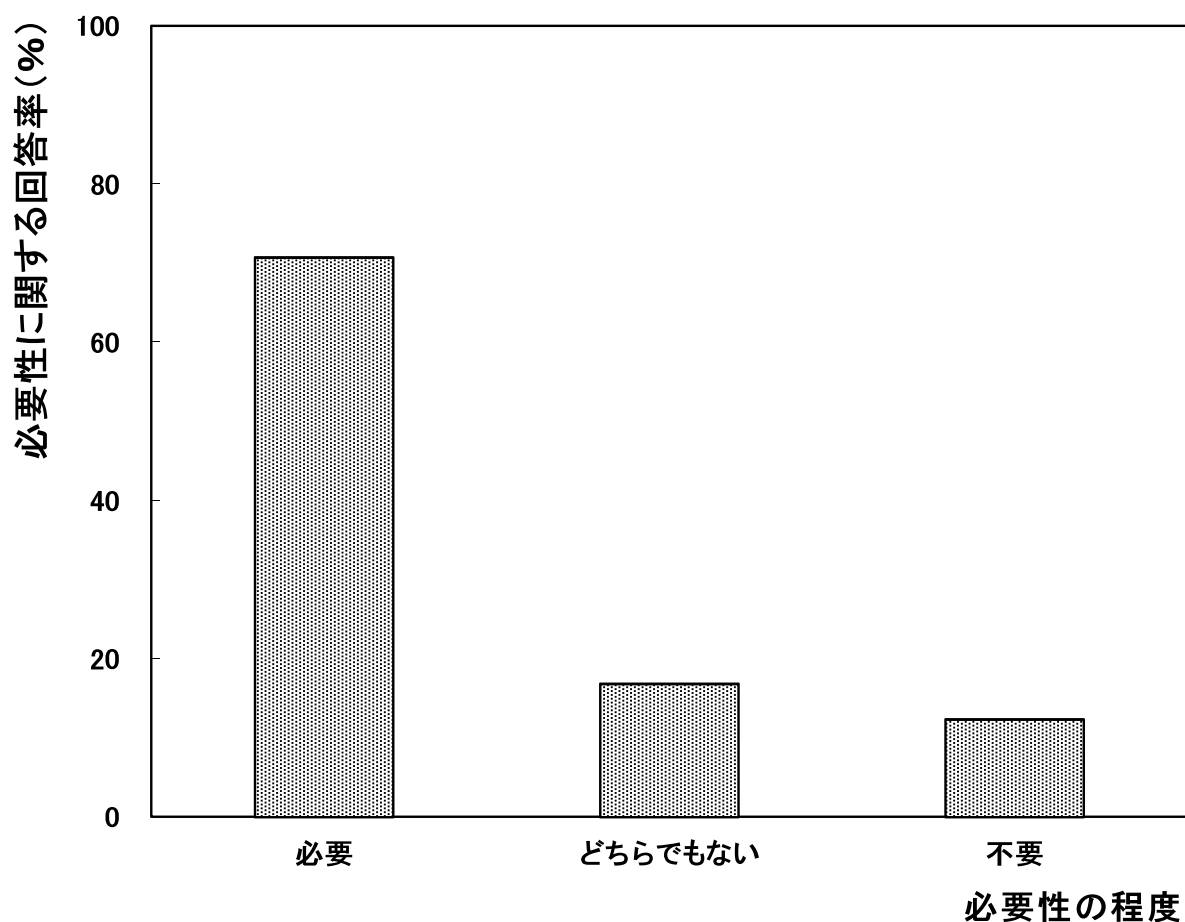


図 7. 歯科技工士養成機関における CAD/CAM 教育の必要性

回答率は、「必要」が 70.8%、「どちらでもない」が 16.9%、および「不要」が 12.3%であった。歯科技工士養成機関における CAD/CAM 教育が必要と答えた回答は 70.8%と高く、歯科業界が教育機関において歯科用 CAD/CAM 教育を必要としていることがわかった。

7. 結語

今回の調査から、歯科用 CAD/CAM オペレーターは、歯科用 CAD/CAM に関する専門知識・技術を習得した国家資格を有する歯科技工士が最も適していることが明らかになった。

歯科用 CAD/CAM オペレーターは、歯科技工士が担当することがふさわしく、今後その資格化を業界の方々と共に協力し、整備を行う必要がある。また、教育においては歯科用 CAD/CAM オペレーターとしての専門知識・技術を歯科技工士養成機関で学ぶことができるようにして、歯科用 CAD/CAM の教育効果を高める必要があることがわかった。

【参考文献】

- 1) 末瀬一彦・宮崎隆：歯科用 CAD/CAM システムの現状と将来展望・CAD/CAM システムの基礎，日本歯科 CAD/CAM 学会・全国歯科技工士教育協議会 監修：CAD/CAM デンタルテクノロジー，東京，医歯薬出版，p6-39，2012.
- 2) 村上正弘：歯科用 CAD/CAM 最新事情と、日本の臨床家としての期待，日本歯科 CAD/CAM 学会 監修：CAD/CAM YEAR BOOK 2012，東京，クインテッセンス出版，p10-26，2012.
- 3) 内山洋一：CAD/CAM の必要性和今後の展開，歯科技工 別冊：メタルフリーレストレーションと CAD/CAM 技工の最前線，東京，医歯薬出版，p44-48，2007.
- 4) 宮崎隆・堀田康弘 他：CAD/CAM を応用したメタルフリーレストレーションの現状と今後の展望，補綴臨床 別冊：最新 CAD/CAM レストレーション クラウン・ブリッジ&インプラントの臨床，東京，医歯薬出版，p6-23，2009.
- 5) 宮崎隆・玉置幸道 他：歯科用 CAD/CAM システム，月刊歯科技工 別冊：臨床でいきる デンタルマテリアルズ&テクノロジー，東京，医歯薬出版，p166-178，2006.

研 究 紀 要 —平成25年度—

平成26年 3 月31日 発行

編集・発行 一般財団法人 職業教育・キャリア教育財団
〒102—0073 東京都千代田区九段北 4 - 2 -25
私学会館別館11階

印刷 情報印刷株式会社
東京都千代田区飯田橋 4 - 2 - 2
