

# 食品分析教育と計算機器の役割

後藤 英子

食生活科学科 食品分析学研究室

## Refinement of Food Analysis Education associated with Computer Technology

Eiko GOTO

Department of Food and Human Science

**Key words :** food analysis (食品分析), personal computer (パーソナルコンピュータ),  
Standard Tables of Food Composition in Japan (日本食品標準成分表),  
image analysis (画像解析)

### 1. 目的

食品分析の実験、授業、研究に使用してきた教科書と日本食品標準成分表、分析用機器と電子機器類の変遷を年表にまとめ相互の連関を時系列に分析し、食品分析の未来予測を行うことが本稿の目的である。

### 2. 方法

#### 2-1. 年表の作成

年表には昭和 25 年を起点とし平成 25 年現在までを表した。項目には、書籍史として教科書ならびに参考書として使用した食品分析法の 2 冊と日本食品標準成分表(以下食品成分表と略記)ならびに食品成分表分析マニュアルを取り上げた。次に分析・計算機器史として食品の一般成分分析に使用した分析機器類を取りあげ、計算機器類についてはパーソナルコンピュータ(以下 PC と記す)と分析機器等に搭載されているマイクロコンピュータを取りあげた。

#### 2-2. 書籍史

##### 1) 教科で使用した教科書

##### ①食品分析、食品分析実験

永原太郎著「食品分析法」<sup>1)</sup>: 全訂版第 1 刷発行は昭和 39 年 6 月 15 日で、著者が学生としてこの全訂版を手にしたのは昭和 43 年である。著者が担当した教科の授業には昭和 52 年から使用した。

##### ②食品材料学実験、食品学総論実験

神立誠著「最新食品分析法」<sup>2)</sup>: 昭和 52 年から平成 17 年まで教科書として使用した。平成 18 年からは日本食品標準成分表分析マニュアルを使用した。

##### 2) 教科で使用した参考図書

①日本食品標準成分表(三訂、四訂、五訂、五訂増補、2010): 年表中には扱われる食品数と成分項目数も併記した。

②四訂フォローアップ版(2 次訂日本食品アミノ酸組成表(1986)、日本食品脂溶性成分表(1989)、同無機質成分表(1991)、同食物繊維成分表(1992)、同ビタミン D 成分表(1993)、同ビタミン K、B6、B12 成分表(1995)、同五訂増補脂肪酸成分表編(2005)、同標準成分表準拠アミノ酸成分表 2010(2010))

#### 2-3. 分析機器と計算機器史

##### (1) 分析機器

①天秤は機械式天秤、電子分析用天秤、PC 多機能天秤と進化した。

②分析用機器は手操作の機械式各種乾燥機、炉から電子制御分析機器と PC 連携分析機器に進化した

##### (2) 計算機器

以下に表示する。

### 3. 結果と考察

結果と考察を次の 4 視点より行う。

##### ①教科目の食品分析にかかわる PC の役割

表－１ 年表

西暦	教科書		参考資料 食品成分表と扱われる食品数成分項目	計算機類	天秤	コンピューター制御の 分析機器類
1945						
1946						
1947						
1948						
1949						
1950			日本食品標準成分表			
1951						
1952						
1953						
1954			改定日本食品標準成分表			
1955	食品分析法（初版）					
1956						
1957						
1958						
1959						
1960						
1961						
1962						
1963			三訂日本食品標準成分表			
1964	食品分析法	最新食品分析法				
1965	全訂版第 1 刷	(第一版第 1 刷)				
1966						
1967						
1968	食品分析法（全訂）				直示分析天秤	
1969						
1970				電卓		
1971						
1972						
1973						
1974						
1975						
1976						
1977	食品分析法（全訂）	最新食品分析法				
1978		↓				
1979		最新食品分析法 増訂新版				
1980						
1981		↓				
1982		最新食品分析法 第三版	四訂日本食品標準成分表			日立高速アミノ酸 分析計（835 型）
1983					島津電子上ざら天びん	
1984			2 次訂日本食品アミノ酸組成表			
1985		↓				
1986		最新食品分析法 第四版				島津電子式水分計
1987						
1988				PC-8800		
1989			日本食品脂溶性成分表			送風定温乾燥器
1990			(四訂フォローアップ)	PC-9800		マッフル炉
1991			日本食品無機質成分表		電子分析天びん	
1992			日本食品食物繊維成分表			
1993			日本食品ビタミン D 成分表			
1994						
1995			日本食品ビタミン K・B <sub>6</sub> ・B <sub>12</sub> 成分表	PC-9801		真空乾燥器
1996				メール対応		
1997			五訂日本食品標準成分表			
1998			一新規食品一		島津ロード	
1999					セル式電子天びん	
2000			五訂日本食品標準成分表			
2001						
2002						
2003						
2004				PC LL3509D		
2005		↓	五訂増補日本食品標準成分表	PC LA700/DD		PC 化学分析システム
2006		五訂増補日本食品標準 成分表分析マニュアル		ノート型 PC		
2007			五訂増補 脂肪酸成分表編	LL350CD		
2008						
2009					電子天びん TX (多機能)	
2010			日本食品標準成分表 2010			
2011						
2012						
2013	↓	↓				

注) 成分表改訂時の食品数 / 成分項目の変化は表－3 にまとめた。

- ②食品成分表の深化と食品分析の個別化
- ③食品分析データの膨大化とPCによる管理
- ④食品分析の未来予測

### 3-1. 教科目の食品分析にかかわるPC（パーソナルコンピュータ）の役割

- (1) 1970年代、計算は手計算が主で時に算盤、電卓が使用されていた。教科における文書作成は実験操作のフローチャート、実験結果一覧表等であり、手書きが主で、時に和文タイプライターを用いた（写真1）。
- (2) 1980年代に登場したPCは一般成分6成分（水分、灰分、脂質、たんぱく質、炭水化物（糖質、繊維）の

表-2 パーソナルコンピュータの変遷

<p>1988以前</p>  <p>写真1 邦文タイプライターと算盤</p> <p>1988以後</p> <p>①デスクトップPC-8800シリーズ システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1-0 CPU PC8801</li> <li>1-2 14インチモノクロディスプレイ</li> <li>1-3 5インチ ミニディスク</li> <li>1-4 漢字プリンター</li> <li>1-5 OS N-BASIC、アプリケーション 簡易日本語ワードプロセッサ</li> </ul> <p>1990年</p> <p>②デスクトップPC-9800シリーズ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1-0 CPU PC9801DX5</li> <li>1-2 15インチ カラーディスプレイ</li> <li>1-3 3.5インチ フロッピー ディスク</li> <li>1-4 カラープリンター</li> <li>1-5 OS N-88BASIC、日本語MS-DOS</li> <li>1-6 アプリケーション 一太郎、花子、アシストカルク、三四郎</li> </ul> <p>1995年</p> <p>③デスクトップPC9800シリーズ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1-0 CPU PC-9801BX3/U2 3.5FD×2</li> <li>1-1 ハードディスク PC-HD 240BR&gt;</li> <li>1-2 カラーディスプレイ</li> <li>1-3 3.5インチフロッピーディスク*2、アップグレードに伴い3.5FDとCDROMを取り替え</li> <li>1-4 カラープリンター</li> <li>1-5 パーソナルモデムCOMSTARZ MULTI144 (FAX)</li> <li>1-6 OS N-88BASIC、日本語MS-DOS、Windows(TM) 3.1)</li> <li>1-7 用途 NACSIS等情報検索、パソコン通信、電子メール</li> </ul> <p>2004年</p> <p>④ノート型PC-LL3509D</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1-0 CPU*2 モバイルAMD Athlon TM XP-Mプロセッサ2200+4</li> <li>1-1 内蔵メモリー 256MB*6(DDR SDRAM)、ハードディスク 約40GB</li> <li>1-2 ディスプレイ 14.1型カラー液晶(最大1,024×768ドット表示)</li> <li>1-3 CD/DVDドライブ、PCカード、USB</li> <li>1-4 通信機能 FAXモデム、LAN(100BASE-TX/10BASE-T対応)、IEEE1394(DV)</li> <li>1-5 Windows-XP</li> <li>1-6 用途 インターネット、メール、画像の取り込み、周辺機器との接続+A65</li> </ul> <p>2005年</p> <p>⑤ノート型PC-LA700/DD ノート型</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1-0 CPU インテルPentium M プロセッサ 超低電圧版753(1.20GHZ)</li> <li>1-1 内蔵メモリー 512MB、ハードディスク 約80GB</li> <li>1-2 12.1型ワイドスーパーシャインビュー液晶</li> <li>1-3 通信機能 デュアルモードワイヤレスLAN</li> <li>1-4 OS Windows-XP</li> </ul> <p>2006年</p> <p>⑥PC-LL3500</p>	 <p>写真2 PC88と簡易日本語ワードプロセッサ 食品材料科学実験フローチャート</p>  <p>写真3 PC98と学生実験結果の記録保存</p>  <p>写真4 PC98と食品成分問題集作成 化学データ処理用コンピュータ 栽培の記録作成</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>開発PCソフト</p> <p>実験結果の記録</p> <p>食品分析 問題集</p> <p>食品成分表対応栄養計算プログラム</p> </div>
---	--

実験結果の確認と年間のデータ管理に欠かせない役割を担った。

具体的には、食品分析結果の検算プログラムと年間に及ぶ結果の保存管理のプログラム（実験結果の記録）を開発し（写真 2、3、4）、教師による学生実験データの検算と保存管理に活用した。それと共に、学生自身がデータ入力する機会を作ることにより、PC による分析データの自己点検、自己管理を教育した。1990 年代には PC-9800 が学生の人数分配備された教室を使い、PC へのデータ入力と年間の教科実験データの整理の実習も実施した。

(3) このような教科における PC 活用の成果の一例が重量分析における恒量値の判定に見られる。

① 食品分析の場合、水分、灰分、脂質の定量操作は直示天秤と電子分析天秤による重量分析による。その中でも水分は試料の吸湿などの環境要素の影響を受けるため、許容範囲内の恒量値を得るのが難しく、0.1mg 単位の数値の意味について学生との問答が繰り返されていた。しかし、PC プログラムによる検算とデータの蓄積により、数値変動の要因を客観的に学生に説明できるようになった。

② 灰分では定量操作と結果より得られた灰は無機質定量の前処理操作に引き継がれる。そのため最終的に無機質の定量結果（たとえばリンの定量）に影響した。そこで、学生に各定量実験のステップを追って PC にデータを入力させることにより、灰分定量結果と各無機質定量結果の相互関連性を具体的に理解させることが出来た。

③ 教科でも踏襲した日本食品標準成分マニュアルは一般成分を炭水化物の差し引き計算から求めることとしている。したがってその結果は他の成分分析結果の影響を受ける。この点においても PC プログラムはその効果を発揮し、1 年間に及ぶ各実験データの見直しと結果の評価を速やかに実施出来た。

(4) 一方、1990 年代から 2000 年代にかけて PC が普及し利便性のある対応ソフト（マイクロソフトのワード、エクセル、パワーポイント等）がめざましい発展を遂げていた。教室においても 1 人 PC1 台が実現した。

食品分析の教科では分析表の変遷に PC の普及を活用して対応するため、学生自身による栄養成分の自問自答問題集の作成等を授業として実施した。この授業

は昨今の検定が多用される現況に、模試問題を作る側の体験も必要と考えての導入であった。また、3-2 で述べるように日本食品標準成分表が細分化し、食品分析結果を栄養計算に結びつける窒素タンパク質換算係数とエネルギー換算係数の食品毎の固有化が進む状況において、PC プログラムの適正な利用が不可欠になる事に対応するためである。

### 3-2. 日本食品標準成分表と食品分析の個別化

前述の「食品分析法」は分析化学の一部門の実験書としての役割を持ち、第 1 部に基本操作と基礎理論、第 2 部に試料の取り扱い、第 3 部に一般成分の定量、第 4 部に無機質の定量、第 5 部にビタミンの定量が述べられている。取りあげられている分析項目は広く普及している日本食品標準成分表（以下成分表と略す）の項目と合致している。食品分析の教科は、この成分表に取りあげられている栄養成分の定量原理と定量操作ならびに定量計算を学ぶことにより、各食品の栄養成分の理解を進める必須の教科として大学の食物学科の教育に位置づけられていた。

一方、成分表は分析結果を編纂したデータ集であるため、時代と共に見直しが進み、四訂（1982 年発行）から五訂版（2000 年発行）に向けて、掲載される食品数と成分項目数が増加した（食品数 / 成分数 538/14 から 1,878/50 へ、表-3 参照）。更に、各成分のフォローアップ版により分析操作ならびに既往定量データの詳細が解説されるようになった。

その一例が水分定量である。五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル版の発行に際し、水分定量法について食品別に試料前処理法と測定方法が一覧表 (p9,10,11) に纏められている。すなわち、常圧加熱乾燥法の温度設定 (100℃ から 135℃) と時間設定などの測定条件と恒量が食品別に表記されるようになった。

他方で、食品の分析技術の進歩は著しい。その一例はたんぱく質係数の個別化である。窒素たんぱく質係数は一般的には 6.25 とされ計算されてきた。しかし、分析技術の進歩により、食品固有のたんぱく質構造解析が得られた時点でたんぱく質係数が個別に決定にされる傾向にある。

また、食品のエネルギー量表示でも個別化が進む傾向にある。食品固有の栄養成分からエネルギー換算係

表－3 成分表改訂時の食品数と成分項目の変化

名称	公表年	食品数	成分項目数
日本食品標準成分表	昭和 25 年(1950 年)	538	14
改定日本食品標準成分表	昭和 29 年(1954 年)	695	15
三訂日本食品標準成分表	昭和 38 年(1963 年)	878	19
四訂日本食品標準成分表	昭和 57 年(1982 年)	1,621	19
五訂日本食品標準成分表	平成 12 年(2000 年)	1,882	36
五訂増補日本食品標準成分表	平成 17 年(2005 年)	1,878	43
日本食品標準成分表 2010	平成 22 年(2010 年)	1,878	50

数の Atwater 係数 (4, 9, 4 システムたんぱく質, 脂質, 炭水化物) を適用して計算したエネルギー量についても、成分毎に個別化された研究がグローバルに進んでいることから、その関係式は多様化すると推察される。

### 3－3. 食品分析データの膨大化と PC による管理

食品分析と PC の活用は食品の衛生管理、流通管理等の場にも欠かせない存在となった。

食品のトレイサビリティ (食品履歴) は食の安心安全を担保する要件として認識されてきているが、そのデータは原料入手から流通、販売消費に至る経時的管理によって膨大なものとなる。一方で食品履歴管理の国際化も進み国際的認証システムも実用化してきている。この現況への対応は PC のデータ処理能力の活用なくして考えられない。

幸い、PC は機能に比して低価格化が著しく、我が国では PC の教育現場への導入も早くから進んで、現在、あらゆる場面で PC の利用が平準化されている。

更に、1980 年代から 1990 年代、2000 年代と PC の多機能化を生かした分析機器の電子化が進み、迅速かつ多量にデータを集積し管理し分析することが可能となった。また活用の利便性に向けたソフト開発も進んでいる。

### 3－4. 食品分析の未来予測

食品分析結果の社会的影響は原料から摂取まで、更に個人から集団まで、あらゆる段階に及び、分析方法は食品ごとの簡易な方法から普遍的方法と精密精緻な分析方法まで多様化している。その未来予測を従来型の進化の方向、画像解析技術の活用、高機能分析機器

と大学教育の視点から述べる。

(1) 食品分析項目の細分化に対応する分析技術の展開 (従来型の進化)

分析項目の細分化は成分表を例にとると三、四訂版は 19 成分項目であったのが五訂版では 36 成分項目に増加、細分化された。この点は分析技術の進歩によるもので、その背景には分析機器のマイクロコンピュータ (以下、マイコン) 搭載による電子化、自動化がある。分析機器に搭載されているマイコンは従来、温度、時間管理が主であった。しかし、クロマトグラフィー原理による分析機器はサンプリング、分析操作 PID (比例、積分、微分) 制御と結果処理をプログラム化できるマイコンの搭載により、高速、自動化が一気に進んだ。その結果、高速自動分析化した液体クロマトグラフィーによる脂肪酸分析表、自動高速アミノ酸分析計によるアミノ酸分析表が作成され発行されるようになった。

表－1 の年表に示すように、この領域の分析器のマイコン搭載は PC の一般的な利用より先行していた。(NEC コンピュータ博物館資料、島津製作所 天びんの歴史資料<sup>3)</sup>)

一方、無機質定量分析機器は原子吸光分析装置、発光分光分析装置 (ICP) など PC 分析用ソフトと一体型で高機能化されている。

これらの機器は得られる大量の測定値が成分表に記載されている成分値と整合性が取れるように開発されている。この傾向は食品分析表と相補する従来型の進化として続くと推察される。

(2) 画像解析技術と画像によるデータ管理技術の活用 (画像データによる食品履歴の管理)

デジタル化による画像解析の分析技術への適用が著

しく進んでいる。細胞の分析（2次元画像分光システム）やDNA解析、迅速DNAフラグメント解析も身近な物となり近未来的には学級レベルでも取り扱いが可能となる技術である。

現在、食品分析領域では種の分析とその保存の目的からDNAの分析とDNA分析結果のバンク化が官民領域で進んでいる。一方、種からの栽培履歴並びに飼育履歴、食品としての流通と販売段階での品質管理履歴などのデータの保存と管理は画像化されたDNA情報などを「指紋」として利用し一元化されることが必須である。そして、食品の国際認証規格の進展のもとで、この種からの「指紋」データによる管理はグローバル化すると予測される。

(3) PC連携分析機器の食品分析教科における活用  
電子天秤の技術革新とPC連携多機能化は学級レベルの一般成分分析にも高度な分析データを簡便に提供することが期待される。

化学分析ソフトと各種化学分析計測機（温度センサー、湿度センサー、pHセンサー、CO<sub>2</sub>センサー、溶存酸素センサーなど）のコラボは食品分析実験においても化学的基礎データの簡便な収集集積を可能とする。

教科としてはPC連携のIT教材の開発等によりそれらデータの読み取りと利用能力の向上に寄与することが予測できる。

しかし、進化したこれらの技術を食品の安全と適切な栄養管理の現場に生かしていくうえで、PCとPC連携教材の活用と共に、食品分析の原理的理解と食品の分析学的見地からの理解が重要なことは明らかであり、大学における食品分析の基礎的な座学と実習の重要性は些かも減ずることは無いと考える。

#### 4. 要約

食品分析の実験、授業、研究に使用してきた教科書と日本食品標準成分表、分析用機器と電子機器類の変遷を年表にまとめ相互の連関を時系列に分析し、食品分析の未来予測を行った。

1980年代登場したパーソナルコンピュータは食品分析の教科内容にも変化をもたらした。PCを積極的に取り入れることにより、食品分析実習の実験結果の経時的管理が可能となった。また、教室において学生1人にPC1台が実現した環境を活用してデータ分析に

よる栄養成分の自問自答問題集を学生が作成する授業を実施するなどして食品や分析技術の理解を深めることが出来た。

食品分析表に掲載される食品と分析成分項目は四訂（1982年発行）から五訂版（2000年発行）に向けて飛躍的に増加した。この数値増加に対応するためにもPC活用の教育は重要である。マイコン搭載やPC連携の分析機器の発達には食品分析表の細目化に沿う方向で行われ今後もその方向は維持されるが、IT教材を開発することにより、PC連携の多様な分析機器を教科レベルで活用する方向に進むであろう。

画像解析技術の食品分析への適用が進むと推察され、食品の種から栽培、収穫、流通、消費に至る一元管理とそのグローバル化に活用されていくと考えられる。教科レベルでの対応も近未来的に必須である。

食品分析は有効なデータを社会の多領域に提供している。未来においても食品の安全・安心を担保する技術として発展していくと考えられる。大学の教科ではPC連携分析機器の活用と併せて、基礎的な分析実験の実習によって食品分析の原理的理解と食品の分析学的理解を高める努力が継続される必要がある。

#### 注

- 1) 永原太郎、柴田書店、昭和30年初版発行
- 2) 神立誠、同文書院、昭和39年第一版第1刷発行
- 3) 島津天びんの歴史 <http://www.shimadzu.co.jp/balance/hiroba/history/index.html> 2013/10/18