

## 畜産草地研究所大中家畜代謝実験棟における新データ収集処理装置の設計

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): open-circuit indirect calorimetry, ruminants 作成者: 樋口, 浩二, 小林, 洋介, 野中, 最子, 永西, 修 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00002192">https://doi.org/10.24514/00002192</a>

# 畜産草地研究所大中国家畜代謝実験棟における新データ収集処理装置の設計

樋口浩二<sup>1)</sup>・小林洋介<sup>1)</sup>・野中最子<sup>2)</sup>・永西 修<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 栄養素代謝研究チーム

<sup>2)</sup> 畜産温暖化研究チーム

## 要 約

大中国家畜代謝実験棟の呼吸試験装置について、データ収集処理装置を再構築し、その測定値を従来のもものと比較検討した。データ収集処理装置はできるだけ一般的に入手可能な機器で構成し、将来の改良や更新に十分対応できるように設計した。また、ソフトウェアは簡便でかつ発展性が高くなるよう設計した。すなわち、1. 一般的に利用されているオペレーティングシステム上で動作し、起動および操作が簡単に行えるようにした。2. 呼吸試験データの収集と演算に機能を特化し、簡素な構成にした。3. 設備や機器構成の変更にも柔軟に対応できるような仕様でプログラミングを行った。今回設計したデータ収集処理装置と従来のもものと同時に呼吸試験データを収集してデータを比較したところ、相対誤差 ( $0.1 \sim 0.7 \pm 0.1 \sim 0.3\%$ ) は小さく、相関 (相関係数  $r = 0.99562 \sim 0.99999$ ) は高く、加えて両システム間の系統誤差は軽微であったことから、今回設計したデータ収集処理装置は、従来のもものと同等の呼吸試験データが得られる非常に簡便なシステムであるといえた。

キーワード：開放型呼吸試験装置、エネルギー代謝、反すう家畜

## 緒 言

当研究所における大中国家畜代謝実験棟（代謝実験棟）は、ウシ、ヤギ、ヒツジなどのエネルギーやタンパク質の要求量およびそれらの利用効率等を多角的に研究・解明するために設置された世界有数の施設である。代謝実験棟で得られた成果は日本飼養標準や日本標準飼料成分表に記載され、公立試験研究機関や普及組織などに広く用いられている。また、反すう家畜からのメタンガス発生量の把握や制御技術の開発といった温室効果ガスに関する先導的な研究も当施設において実施され、国内外へと展開されている。このような代謝実験棟の最大の特徴は、家畜の物質出納を測定するための設備として、消化試験装置と家畜のガス代謝量を高精度で計測可能な開放式呼吸試験装置を装備していることである。呼吸試験装置は、独立の試験室、大家畜から中小家畜に至るまで収容可能なチャンバー（大家畜用4基、中小家畜用4基）、

環境計測・制御装置、通気量計測・制御装置、ガス分析装置、データ収集処理装置より構成されている。これらは、昭和27年（1952年）に日本で初めて千葉市に大家畜用の呼吸試験装置が設置されて以来<sup>4)</sup>、改造や改修<sup>1,2)</sup>を逐次おこない、昭和55年（1980年）、筑波研究学園都市に移転された際の新設時にほぼ現在の仕様にまで完成されたものである<sup>3)</sup>。その後、平成4年（1992年）にチャンバーの増設（大家畜用2基）およびコンピューターを刷新して以来、基本的な構成に変更は加えられていない。今回、呼吸試験装置全体の機能は維持・継続しながら、データ収集処理装置について新たな設計を試みた。

データ収集処理装置にはいち早くコンピューターが導入されており、極めて繁雑で労力を要する呼吸試験の省力化が図られてきた<sup>2)</sup>。また、コンピューターの性能向上にともない、環境制御、ガス分析、データ処理といった呼吸試験に関わる全ての制御をコンピューターで処理する方向へとも進んだが、現在は設備の制御と試験デー

タの収集を分離し、環境制御等は組込型のマイクロコンピュータで制御をおこない、ガス分析の一部とデータ処理をコンピュータに担当させている。現有のコンピュータ（ワークステーション）は、設置当時のパーソナルコンピュータ（PC）の性能に比べて極めて堅牢で安定したハードウェアとソフトウェアを有しており、これまで長期間安定稼働してきた。しかし、現在のPCと比べると、記憶容量の少なさ、データ入出力の不便等の問題が顕在化している。また、データ収集処理装置のワークステーションに組み込まれたソフトウェアは、データ収集機能、記録されたデータの整理、加工、解析機能、環境制御機能等々非常に多機能で重厚なものであり、仕様を変更するなど再構成するには莫大な経費と時間を要する。仮にデータ収集処理装置を更新・新設した場合、その試運転やデータの検討などに長期間実験の中断を余儀なくされることが想像される。

そこで、PCの性能は現在ハードウェアおよびソフトウェアともに飛躍的に向上していること、コンピュータと連携する小型高性能のデータ入出力装置も安価に入手できることから、安価で将来的な拡張にも柔軟に対応できるデータ収集処理装置の設計および現有システムと同時並行的にデータを収集することを試み、収集したデータについて現有システムとの整合性を検討した。

## 材料と方法

### 基本設計

呼吸試験装置の中核をなすデータ収集処理装置（Fig. 1, 点線内）は計測コントローラーとコンピュータ（ワークステーション）で構成され、それらはガス分析装置、通気量計測・制御装置および環境計測・制御装置と接続されている。データ収集処理装置の役割は、ガス分析装置を制御すること、通気量計測値、環境計測値およびガス分析値を収集すること、そしてこれらを連携して呼吸試験を実行し、ガス代謝量を計算することである。今回設計したデータ収集処理装置（新システム）は、既存のデータ収集処理装置（旧システム）と完全に並列的にガス分析装置等と接続した（Fig. 1, 赤点線内）。そのため、新システム独自で呼吸試験を実行する本来の動作も、旧システムにより呼吸試験を実行しながら新システムではその背後でデータ収集のみをおこなう動作も可能となっている。

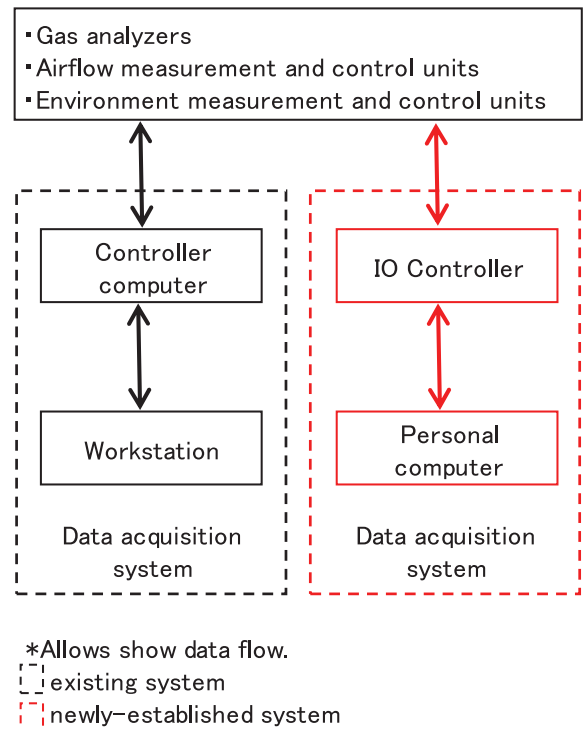


Fig. 1. Outline of data acquisition

### ハードウェア

新システムの基本的なハードウェア構成は、Fig. 1にある通りIOコントローラーおよびPCである。IOコントローラーとPCは、ハブを介したイーサネットで接続した。IOコントローラーを構成するモジュール（Table 1）および計測制御に用いられる信号（資料1, 2）をそれぞれ示した。

### ソフトウェア

ソフトウェアは、マイクロソフト社のMicrosoft Foundation Classライブラリおよびコンテック社のI/Oコントローラー用ドライバライブラリAPI-CAP (W32)を用い、マイクロソフト社のVisual C++ 6.0で制作した。ソフトウェアのフローチャートをFig. 2に示した。ソフトウェアの起動後、初期化処理をおこない、測定待機状態となる。測定の指示を与えると、1秒間隔でIOコントローラーよりアナログおよびデジタルデータが取得され、ガス分析値、通気量および環境計測値等の演算、表示、積算がおこなわれる。代謝演算値の出力が指示されていれば、1分毎に代謝演算値を集計し、CSV形式のファイルとしてチャンバー毎に出力される。新システムで出力されるCSVファイルの内容は、旧システムに実装された同じくCSV形式の時系列データである小試験テキストファイルの仕様に準じた。

Table 1. Equipments and specifications

Units	Products	Input (Output) range	Resolution	Conversion rate	Channels
IO Controllers	Contec, I/O Controller Module, CPU-CA20(FIT)GY				
IO Module	Contec, Isolated Analog Input Module, ADI12-8(FIT)GY	DC 0-5V	12-bit	(Number of conversion channels×10 + 20) μsec	8
IO Module	Contec, Isolated Digital Input Module, DI-32(FIT)GY	DC 12-24V	-	< 1msec.	32
IO Module	Contec, Isolated Digital Output Module, DO-32(FIT)GY	DC 12-48V	-	< 1msec.	32
Power supply	Contec, AC-DC Power Supplies, POW-AD13GY				
Power supply	Keyence, Compact Switching Power Supply, MS2-H50	DC 24V			

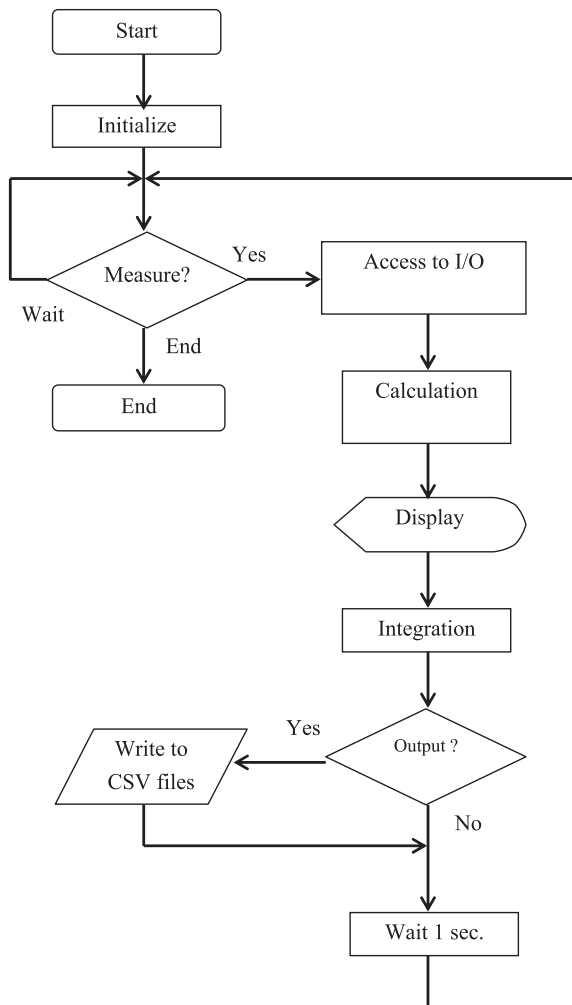


Fig. 2. Flowchart for data collection

以上のシステムを用いて、泌乳牛 24 例、乾乳牛 34 例ならびにヤギ 16 例の呼吸試験について、旧システムで収集処理したデータと、同時並行的に収集処理した新システムのデータとの整合性を検討した。全ての統計計算は SAS 9.2<sup>5)</sup> を用いておこなった。両システムデータ間の相関係数は CORR プロシジャ、相対誤差および測定値間差の平均値と標準偏差は MEANS プロシジャを用いた。対応のある t 検定は TTEST プロシジャに PAIRED ステートメントを用いておこなった。新システムデータにおける系統誤差の検定は、旧システムデータに対する新システムデータの回帰分析をおこない、得られた回帰式の傾きが 1 であることと、切片値が 0 であるかを検定することによりおこなった。回帰式の計算には REG プロシジャを用い、MODEL ステートメントに CLB オプションを用いて回帰係数推定値の 95% 信頼区間を求めた。

## 結果と考察

新システムにより、呼吸試験 74 例すなわち延べ 74 日間にわたるデータ収集に成功した。その結果、いずれの家畜を用いた呼吸試験においても、酸素消費量、二酸化炭素発生量、メタン発生量および熱発生量全ての測定項目について高い相関（相関係数 0.99562 ~ 0.99999）が得られ（Table 2）、データの相対誤差の平均値および標準偏差は 0.1 ~ 0.7 ± 0.1 ~ 0.3% であった（Table 2）。但し、代謝量の多い泌乳牛、乾乳牛、ヤギの順に誤差は大きかった。新システムによる測定値から旧システムに

よる測定値を差し引いた測定値間差には、家畜毎に傾向が異なった。すなわち、泌乳牛において測定値間差は正の値、乾乳牛では負の値となり、ヤギにおいて値は小さかったが正の値となった。両システム間で得られた値について対応のあるt検定をおこなうと、いずれの値においても有意差となった (Table 2)。

旧システムデータに対する新システムデータの回帰分析により、新システムデータに含まれる系統誤差を検定

した。泌乳牛およびヤギについては、全ての回帰式の傾きの95%信頼区間内に1が含まれたことから、これらの回帰式の傾きは1とみなせた (Table 3)。一方、乾乳牛の全てのデータについても、傾きの値およびその信頼区間も1にほぼ近似した値と考えてよいと思われた (Table 3)。回帰式の切片については、ヤギのメタンの値を除いた全てのデータにおいて回帰式の切片は0と有意差はなかった (Table 3)。切片値が有意となったヤ

Table 2. Correlation coefficient, relative error, difference of measurements, and result of paired t-test from data collected with new and existing system.

Animal	Item	Correlation coefficient	Relative error, %	Difference of measurements between systems <sup>1</sup>	Paired t-test
Lactating cow	O <sub>2</sub> consumption	0.99574	0.7±0.3	27.9±10.8	*
	CO <sub>2</sub> production	0.99763	0.5±0.2	23.3±12.2	*
	CH <sub>4</sub> production	0.99971	0.5±0.2	2.1±1.3	*
	Heat production	0.99562	0.6±0.2	564±230	*
Dry cow	O <sub>2</sub> consumption	0.99997	0.3±0.2	-6.2±5.9	*
	CO <sub>2</sub> production	0.99998	0.3±0.2	-6.6±6.2	*
	CH <sub>4</sub> production	0.99997	0.3±0.2	-0.5±0.6	*
	Heat production	0.99998	0.3±0.2	-130±112	*
Goat	O <sub>2</sub> consumption	0.99991	0.2±0.1	0.3±0.3	*
	CO <sub>2</sub> production	0.99997	0.1±0.1	0.3±0.2	*
	CH <sub>4</sub> production	0.99999	0.3±0.1	0.1±0.0	*
	Heat production	0.99994	0.1±0.1	7±5	*

<sup>1</sup>Data were calculated as (new system)-(existing system). O<sub>2</sub> consumption, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> production were shown in L. Heat productions were shown in kJ.

\*p<0.01

Table 3. Test of systematic error of the data collected with new system.

Animal	Item	Test for slope and intercept <sup>1</sup>	95% confidence interval for slope value
Lactating cow	O <sub>2</sub> consumption	y = 0.9829 x + 101.1107 (r <sup>2</sup> = 0.9915)	0.9427 ~ 1.0231
	CO <sub>2</sub> production	y = 0.9822 x + 111.3264 (r <sup>2</sup> = 0.9953)	0.9523 ~ 1.0122
	CH <sub>4</sub> production	y = 1.0056 x - 0.4539 (r <sup>2</sup> = 0.9994)	0.9949 ~ 1.0163
	Heat production	y = 0.9824 x + 2205.5554 (r <sup>2</sup> = 0.9913)	0.9416 ~ 1.0231
Dry cow	O <sub>2</sub> consumption	y = 0.9960 x + 2.4493 (r <sup>2</sup> = 0.9999)	0.9933 ~ 0.9987
	CO <sub>2</sub> production	y = 0.9949 x + 5.7408 (r <sup>2</sup> = 1.0000)	0.9926 ~ 0.9972
	CH <sub>4</sub> production	y = 0.9960 x + 0.3903 (r <sup>2</sup> = 0.9999)	0.9931 ~ 0.9988
	Heat production	y = 0.9957 x + 71.9088 (r <sup>2</sup> = 1.0000)	0.9935 ~ 0.9979
Goat	O <sub>2</sub> consumption	y = 0.9994 x + 0.5158 (r <sup>2</sup> = 0.9998)	0.9915 ~ 1.0072
	CO <sub>2</sub> production	y = 1.0022 x - 0.2792 (r <sup>2</sup> = 0.9999)	0.9979 ~ 1.0065
	CH <sub>4</sub> production	y = 1.0001 x + 0.0618* (r <sup>2</sup> = 1.0000)	0.9978 ~ 1.0025
	Heat production	y = 1.0011 x + 0.6724 (r <sup>2</sup> = 0.9999)	0.9949 ~ 1.0072

<sup>1</sup>Slope and intercept values were tested from regression of the data from new system on the data from existing system.

\*p<0.05

ギのメタンについても、実測値の差は極めて小さいため (Table 2), 切片値が0とならない要因は軽微なものと考えられた。以上の回帰分析の結果より、新システムで収集したデータに含まれる系統誤差は軽微なものと考えられた。

これらの検討結果より、代謝量の多い泌乳牛における相対誤差の増大、家畜種毎の測定値間差、乾乳牛の測定値およびヤギのメタン値に見られる軽微な系統誤差等については今後のデータにおいても注視する必要があると考えられる。また、対応のあるt検定の結果では両システムの測定値間に有意な差が見出されたが、新システムによって得られるデータは実用上満足のいくものと思われた。

新システムで満足のいくデータが得られたことに加え、汎用PCを利用しているため、データ収集処理装置としての継続性・発展性は大きく高まったと考えられる。まず、出力データの管理はPCのOS上におけるファイルの管理と同義となり、大容量の記憶装置や簡便な入出力装置の恩恵を受けることが可能となり、操作も容易になった。出力データはCSV形式であるため表計算ソフト等で容易に編集・加工できるが、代謝演算を簡便におこなうためのソフトウェアも別途用意した (資料6)。また、汎用PCと接続可能な周辺機器およびソフトウェアで運用が可能であることから、機材の調達からデータの整理・解析等まで、制約を受けることなく運用が可能であると考えられる。ソフトウェアの内部構造として、設備とソフトウェアのダイアログを1対1で対応させてプログラミングしたことで、設備の変更にも柔軟に対応できるようになっており、ガス分析計やチャンバーの増設など既設設備を拡充した場合、あるいは新規のガス分

析系統や動物の活動を測定・記録する装置を増設するような場合においても、またIOコントローラーのような入出力装置を一式変更するような場合においても最小限のプログラミングで再構築が可能である。従って、今回制作したデータ収集処理装置は既設の呼吸試験装置のものを代替するだけでなく、将来的な呼吸試験装置の再構成や拡張にも十分応用できるものと考えられた。

## 引用文献

- 1) 橋爪徳三・海塩義男・森本 宏・安保庄一郎・増淵敏彦・安部道夫・浜田龍夫・田中孝之助 (1961). 牛における物質およびエネルギーの代謝 II. 代謝試験装置について, 農業技術研究所報告, G (畜産) 20, 21-52.
- 2) 伊藤 稔・針生程吉・田野良衛・岩崎和雄 (1977). 家畜のエネルギー代謝における動特性追跡機能を附加した省力的呼吸試験装置—その構成と機能—, 畜産試験場研究報告, 32, 45-61.
- 3) 岩崎和雄・針生程吉・田野良衛・寺田文典・伊藤稔・亀岡暄一 (1982). 畜産試験場に新設した家畜代謝実験装置について—とくに呼吸試験装置の機能を中心として—, 畜産試験場研究報告, 39, 41-73.
- 4) 海塩義男・橋爪徳三・安保庄一郎・阿部彦郎・増淵敏彦・安部道夫・森本 宏・堀井 聰・倉田陽平・石原盛衛・土屋平四郎 (1955). 牛における物質及びエネルギーの代謝, 農業技術研究所報告, G (畜産) 11, 157-231.
- 5) SAS 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

資料1. A室入出力データ割付表

信号名称	信号種	モジュール名	モジュールID	チャンネルNo
A室ガス分析装置1 O2 ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	0
A室ガス分析装置1 CO2 ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	1
A室ガス分析装置1 CH4 ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	2
A室ガス分析装置2 O2 ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	3
A室ガス分析装置2 CO2 ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	4
A室ガス分析装置2 CH4 ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	5
A室チャンバー1 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	6
A室チャンバー2 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	7
A室チャンバー3 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	0
A室チャンバー4 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	1
A室チャンバー1内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	2
A室チャンバー2内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	3
A室チャンバー3内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	4
A室チャンバー4内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	5
A室チャンバー1出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	6
A室チャンバー2出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	7
A室チャンバー3出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	0
A室チャンバー4出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	1
A室チャンバー1内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	2
A室チャンバー2内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	3
A室チャンバー3内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	4
A室チャンバー4内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	5
A室チャンバー1出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	6
A室チャンバー2出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	7
A室チャンバー3出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	0
A室チャンバー4出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	1
A室実験室内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	2
A室実験室内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	3
外気乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	4
外気相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	5
大気圧	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	6
ガス分析装置1 ストリーム01 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	0
ガス分析装置1 ストリーム02 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	1
ガス分析装置1 ストリーム03 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	2
ガス分析装置1 ストリーム04 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	3
ガス分析装置1 ストリーム05 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	4
ガス分析装置1 ストリーム06 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	5
ガス分析装置1 ストリーム07 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	6
ガス分析装置1 ストリーム08 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	7
ガス分析装置1 ストリーム09 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	10
ガス分析装置1 ストリーム10 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	11
ガス分析装置1 メインゼロ選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	12
ガス分析装置1 メインスパン選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	13
ガス分析装置1 サブゼロ選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	14
ガス分析装置1 サブスパン選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	15
ガス分析装置1 分析モードCH	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	16
ガス分析装置1 分析モードHC	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	17
ガス分析装置1 分析モード手動	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	20

信号名称	信号種	モジュール名	モジュール ID	チャンネル No
ガス分析装置 1 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	21
ガス分析装置 1 自動チェック	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	22
ガス分析装置 1 自動校正	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	23
ガス分析装置 1 校正中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	24
ガス分析装置 1 O2 サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	25
ガス分析装置 1 CO2 サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	26
ガス分析装置 1 CH4 サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	27
ガス分析装置 1 サンプルング	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	30
ガス分析装置 1 電源断	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	31
ガス分析装置 2 ストリーム 01 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	32
ガス分析装置 2 ストリーム 02 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	33
ガス分析装置 2 ストリーム 03 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	34
ガス分析装置 2 ストリーム 04 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	35
ガス分析装置 2 ストリーム 05 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	36
ガス分析装置 2 ストリーム 06 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	37
ガス分析装置 2 ストリーム 07 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	0
ガス分析装置 2 ストリーム 08 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	1
ガス分析装置 2 ストリーム 09 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	2
ガス分析装置 2 ストリーム 10 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	3
ガス分析装置 2 メインゼロ選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	4
ガス分析装置 2 メインスパン選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	5
ガス分析装置 2 サブゼロ選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	6
ガス分析装置 2 サブスパン選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	7
ガス分析装置 2 分析モード CH	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	10
ガス分析装置 2 分析モード HC	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	11
ガス分析装置 2 分析モード手動	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	12
ガス分析装置 2 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	13
ガス分析装置 2 自動チェック	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	14
ガス分析装置 2 自動校正	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	15
ガス分析装置 2 校正中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	16
ガス分析装置 2 O2 サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	17
ガス分析装置 2 CO2 サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	20
ガス分析装置 2 CH4 サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	21
ガス分析装置 2 サンプルング	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	22
ガス分析装置 2 電源断	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	23
ガス分析装置 1 主 SW 変化 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	24
ガス分析装置 1 ストリームチェック (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	25
ガス分析装置 1 校正チェック (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	26
ガス分析装置 1 校正値読取 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	27
ガス分析装置 1 自動校正 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	30
ガス分析装置 2 主 SW 変化 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	31
ガス分析装置 2 ストリームチェック (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	32
ガス分析装置 2 校正チェック (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	33
ガス分析装置 2 校正値読取 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	34
ガス分析装置 2 自動校正 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	35
A 室チャンバー 1 通気レンジ 大	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	36
A 室チャンバー 1 通気レンジ 中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	5	37
A 室チャンバー 1 通気レンジ 小	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	0
A 室チャンバー 2 通気レンジ 大	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	1



信号名称	信号種	モジュール名	モジュール ID	チャンネル No
A室チャンバー2 通気レンジ 中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	2
A室チャンバー2 通気レンジ 小	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	3
A室チャンバー3 通気レンジ 大	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	4
A室チャンバー3 通気レンジ 中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	5
A室チャンバー4 通気レンジ 大	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	6
A室チャンバー4 通気レンジ 中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	7
A室チャンバー1 起伏状態	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	10
A室チャンバー2 起伏状態	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	11
A室チャンバー3 起伏状態	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	12
A室チャンバー4 起伏状態	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	13
A室チャンバー1 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	14
A室チャンバー2 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	15
A室チャンバー3 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	16
A室チャンバー4 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	6	17
ガス分析装置1 ストリーム 01 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	0
ガス分析装置1 ストリーム 02 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	1
ガス分析装置1 ストリーム 03 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	2
ガス分析装置1 ストリーム 04 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	3
ガス分析装置1 ストリーム 05 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	4
ガス分析装置1 ストリーム 06 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	5
ガス分析装置1 ストリーム 07 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	6
ガス分析装置1 ストリーム 08 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	7
ガス分析装置1 ストリーム 09 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	10
ガス分析装置1 ストリーム 10 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	11
ガス分析装置1 メインゼロ選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	12
ガス分析装置1 メインスパン選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	13
ガス分析装置1 サブゼロ選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	14
ガス分析装置1 サブスパン選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	15
ガス分析装置2 ストリーム 01 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	16
ガス分析装置2 ストリーム 02 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	17
ガス分析装置2 ストリーム 03 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	20
ガス分析装置2 ストリーム 04 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	21
ガス分析装置2 ストリーム 05 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	22
ガス分析装置2 ストリーム 06 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	23
ガス分析装置2 ストリーム 07 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	24
ガス分析装置2 ストリーム 08 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	25
ガス分析装置2 ストリーム 09 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	26
ガス分析装置2 ストリーム 10 選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	27
ガス分析装置2 メインゼロ選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	30
ガス分析装置2 メインスパン選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	31
ガス分析装置2 サブゼロ選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	32
ガス分析装置2 サブスパン選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	33
ガス分析装置1 チャンバー選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	34
ガス分析装置1 校正選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	35
ガス分析装置2 チャンバー選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	36
ガス分析装置2 校正選択	デジタル出力	DO-32(FIT)GY	7	37

資料 2. CD 室入出力データ割付表

信号名称	信号種	モジュール名	モジュール ID	チャンネル No
CD 室ガス分析装置 O <sub>2</sub> ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	0
CD 室ガス分析装置 CO <sub>2</sub> ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	1
CD 室ガス分析装置 CH <sub>4</sub> ガス濃度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	2
外気乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	3
外気相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	4
大気圧	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	5
C 室チャンバー 1 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	6
C 室チャンバー 2 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	0	7
C 室チャンバー 1 内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	0
C 室チャンバー 2 内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	1
C 室チャンバー 1 出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	2
C 室チャンバー 2 出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	3
C 室チャンバー 1 内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	4
C 室チャンバー 2 内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	5
C 室チャンバー 1 出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	6
C 室チャンバー 2 出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	1	7
C 室実験室内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	0
C 室実験室内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	1
D 室チャンバー 1 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	2
D 室チャンバー 2 通気量	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	3
D 室チャンバー 1 内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	4
D 室チャンバー 2 内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	5
D 室チャンバー 1 出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	6
D 室チャンバー 2 出口 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	2	7
D 室チャンバー 1 内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	0
D 室チャンバー 2 内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	1
D 室チャンバー 1 出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	2
D 室チャンバー 2 出口 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	3
D 室実験室内 乾球温度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	4
D 室実験室内 相対湿度	アナログ入力	ADI12-8(FIT)GY	3	5
ガス分析装置 ストリーム 01 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	0
ガス分析装置 ストリーム 02 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	1
ガス分析装置 ストリーム 03 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	2
ガス分析装置 ストリーム 04 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	3
ガス分析装置 ストリーム 05 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	4
ガス分析装置 ストリーム 06 選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	5
ガス分析装置 メインゼロ選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	6
ガス分析装置 メインスパン選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	7
ガス分析装置 サブゼロ選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	10
ガス分析装置 サブスパン選択	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	11
ガス分析装置 分析モード CH	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	12
ガス分析装置 分析モード HC	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	13
ガス分析装置 分析モード手動	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	14
ガス分析装置 保守中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	15
ガス分析装置 自動チェック	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	16
ガス分析装置 自動校正	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	17
ガス分析装置 校正中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	20
ガス分析装置 O <sub>2</sub> サプレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	21

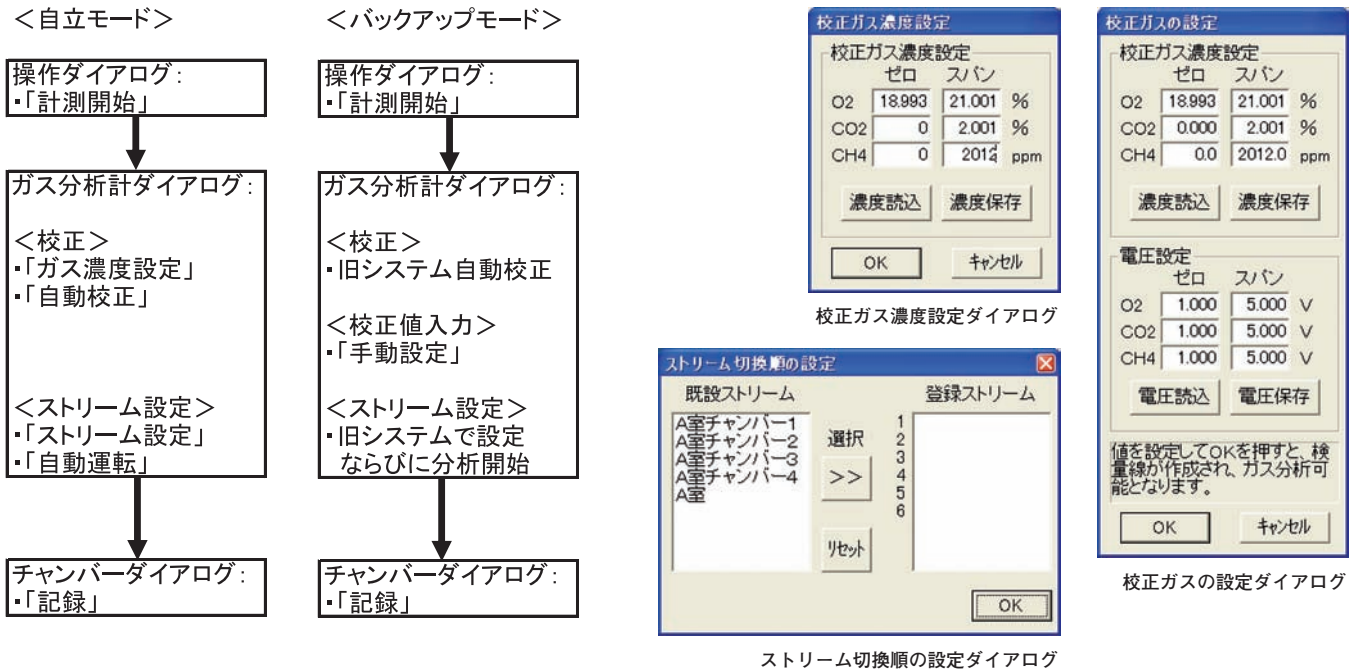
信号名称	信号種	モジュール名	モジュール ID	チャンネル No
ガス分析装置 CO2 サブレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	22
ガス分析装置 CH4 サブレンジ	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	23
ガス分析装置 サンプリング	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	24
ガス分析装置 電源断	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	25
ガス分析装置 主 SW 変化 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	26
ガス分析装置 ストリームチェック (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	27
ガス分析装置 校正チェック (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	30
ガス分析装置 校正値読取 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	31
ガス分析装置 自動校正 (INT)	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	32
C室チャンバー1 通気レンジ大	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	33
C室チャンバー1 通気レンジ中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	34
C室チャンバー1 通気レンジ小	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	35
C室チャンバー2 通気レンジ大	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	36
C室チャンバー2 通気レンジ中	デジタル入力	DI-32(FIT)GY	4	37
C室チャンバー2 通気レンジ小	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	0
C室チャンバー1 起伏状態	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	1
C室チャンバー2 起伏状態	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	2
C室チャンバー1 保守中	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	3
C室チャンバー2 保守中	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	4
D室チャンバー1 通気レンジ大	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	5
D室チャンバー1 通気レンジ中	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	6
D室チャンバー1 通気レンジ小	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	7
D室チャンバー2 通気レンジ大	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	10
D室チャンバー2 通気レンジ中	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	11
D室チャンバー2 通気レンジ小	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	12
D室チャンバー1 起伏状態	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	13
D室チャンバー2 起伏状態	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	14
D室チャンバー1 保守中	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	15
D室チャンバー2 保守中	デジタル入力	DIO-16/16(FIT)GY	5	16
ガス分析装置 ストリーム 01 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	0
ガス分析装置 ストリーム 02 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	1
ガス分析装置 ストリーム 03 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	2
ガス分析装置 ストリーム 04 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	3
ガス分析装置 ストリーム 05 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	4
ガス分析装置 ストリーム 06 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	5
ガス分析装置 ストリーム 07 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	6
ガス分析装置 ストリーム 08 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	7
ガス分析装置 ストリーム 09 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	10
ガス分析装置 ストリーム 10 選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	11
ガス分析装置 メインゼロ選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	12
ガス分析装置 メインスパン選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	13
ガス分析装置 サブゼロ選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	14
ガス分析装置 サブスパン選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	15
ガス分析装置 チャンバー選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	16
ガス分析装置 校正選択	デジタル出力	DIO-16/16(FIT)GY	5	17

**資料3. A室用データ収集処理ソフトウェアの概観**

The interface displays real-time data for four fans in Room A, including O2 consumption, CO2/CH4 production, and temperature/humidity. It also shows gas analysis results for O2, CO2, and CH4, and environmental parameters like room and outdoor temperature/humidity. Control panels allow for manual and automatic operation, with a 'F10コントローラ' providing instructions on starting and stopping data collection.

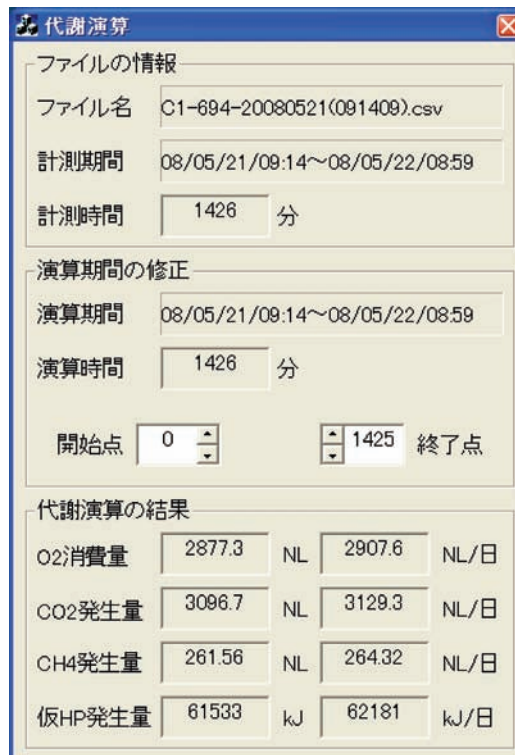
**資料4. CD室用データ収集処理ソフトウェアの概観**

The interface displays real-time data for fans in Rooms C and D, including O2 consumption, CO2/CH4 production, and temperature/humidity. It also shows environmental parameters for both rooms and gas analysis results. Control panels allow for manual and automatic operation, with a 'F10コントローラ' providing instructions on starting and stopping data collection.



資料5. 自立モードおよびバックアップモードにおける操作手順

解説：呼吸試験のデータを収集するためには、ガス分析装置を制御して各ガス収集経路（ストリーム）より適切にガスを採取すること、ガス濃度を正確に測定する必要がある。新システムにおいて、ガス分析装置の制御を独自に行うことを“自立モード”、制御を旧システムで行うことを“バックアップモード”と、ここでは呼ぶことにする。自立モードでは、ガス分析計ダイアログにおいて、「ガス濃度設定」ボタンをクリックして表示される校正ガス濃度設定ダイアログにより校正ガス濃度を設定し、「自動校正」ボタンをクリックすることにより旧システムと同様の自動校正が実行され、ガス分析計の校正値が得られる。次に、「ストリーム設定」ボタンをクリックして表示されるストリーム切換順の設定ダイアログにおいてストリームの切換順序を設定、「自動運転」ボタンをクリックすることによりガス分析計が設定順序に従い計測ストリームを自動的に切り替える。バックアップモードでは、旧システムで従来通り自動校正とストリームの切換順序を設定する。自動校正で得られた校正値を、新システムのガス分析計ダイアログにおいて、「手動設定」ボタンをクリックして表示される校正ガスの設定ダイアログに入力する。旧システムでガス分析を開始するとガス分析計は順次ストリームを切り替えてガス濃度を測定するが、新システムもこれに追従し適切に各ストリームのガス分析値を収集する。以上の自立モードおよびバックアップモードにおける手順を整理すると図のようになる。



資料6. 代謝演算ソフトウェアの概観

## A new data acquisition system for respiration trial system on metabolism laboratory in National Institute of Livestock and Grassland Science

Kouji HIGUCHI<sup>1)</sup>, Yousuke KOBAYASHI<sup>1)</sup>, Itoko NONAKA<sup>2)</sup> and Osamu ENISHI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Endocrinology and Metabolism Research Team

<sup>2)</sup>Livestock Research Team on Global Warming

### Summary

A new data acquisition system for open-circuit indirect calorimetry has been constructed and validated. Equipments of the system are consisting with commercially-available computer and input-output control units. The function of the software is specialized to monitor and calculate the respiration trial data under personal computer system, and the design of the software is oriented to simplicity, flexibility and user-friendliness. When the respiration trial data acquired from this system were compared with the data from existing system, the relative errors were very low ( $0.1\sim 0.7 \pm 0.1\sim 0.3\%$ ), the correlations were very high ( $r = 0.99562\sim 0.99997$ ), and few systematic errors were found. The data obtained from this system were sufficient, thus, it is assumed that the function of new system is equivalent to the existing system. Furthermore, the new system has flexibility for expansion or reformation of apparatus in the future use.

Key words : open-circuit indirect calorimetry, ruminants