G-1

サスペンション特性の旋回時車両運動及びドライバ官能への影響解析

（近畿大学高専 総合システム工学科，近畿大学高専[(1)]）
○東山正志・前里元樹・山風呂兆・武馬修一[(1)]

キーワード：車両運動, サスペンション, ドライバ評価

1. 緒言

乗用車のサスペンションを構成するばね,アブソーバ等の特性を変える事によって,連続的に旋回するパイロンスラローム走行において,車両の運動性能とハンドル操作をするドライバの官能特性をシミュレーション CarSim DS を使って評価した結果,ドライバの官能評価とハンドル操作及び車両の応答性との関連性について報告する.

2.評価内容

シミュレーション上で,車両諸元の異なる仕様の車を運転し,車両運動性能を評価する.運転した際に 4 つの項目について官能評価と定量評価の関係について調査解析する.

2-1 実験方法

運転は 3 回に分ける.1 回目は Carsim のオリジナル仕様で運転練習を行い,2 回目と 3 回目は下記の仕様設定値の車で運転を行う.

走行コースは,舵角,ロール,ヨーレート,横加速度などを評価しやすいパイロンスラロームで実験を行った.

2-2 実験条件

Table1.Vehicle

	Spring constant(N/mm)		Damping coefficient(N*s/m) compression		Damping coefficient(N*s/m) extention	Gear ratio(mm/rev)		ARM	
Sporty	F	94.4	F	4937	2563	F	87.2	F	387.4
	R	50.6	R	4645	2440	R		R	61.6
Comfort	F	23.6	F	1234	640	F	21.8	F	96.85
	R	12.65	R	1161	610	R		R	15.4

2-3 実験コース

・パイロン間隔は、30mに配置

・車速の目安は 40km/h

2-4 評価項目

各試験における官能評価値と定量評価値について評価する.

(1)ハンドルフィーリング：ハンドルの操作性と車の応答性を評価する.

(2)ロール応答：ハンドルの操作性とロールの大きさや速さを評価する.

(3)ヨー応答：ハンドルの操作性と,車両のヨー方向旋回応答を評価する.

(4)運転のしやすさ：安定してスラロームをよけることができるかを評価する.

3 実験結果

官能評価と定量値との関係を解析し,関連性についてまとめる. Fig.2 はハンドルフィーリングと舵角の相関関係を示す. Fig.3 はロール応答とロール角の相関関係を示す.

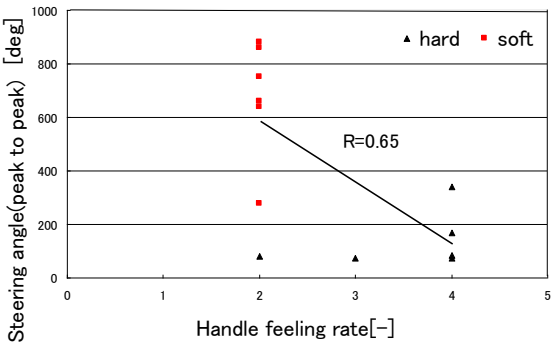


Fig1.Relationship of handle feeling rate and steering angle (peak to peak)

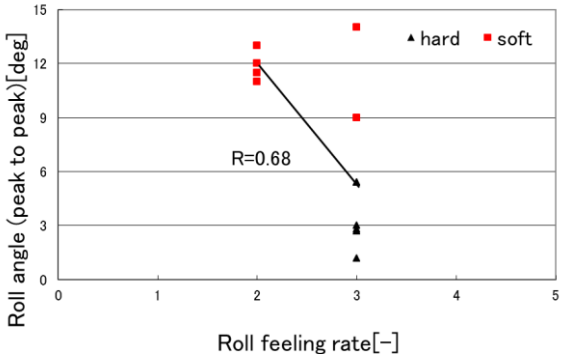


Fig2.Relationship of roll feeling rate and roll angle (peak to peak)

以上から定量評価と官能評価の強い相関を確認した.

4. 結言

(1)ハンドルフィーリングと舵角の大きさとの相関関係は強く,舵角が小さいと,ハンドルフィーリング評価の官能評価値が高くなる.

(2)ロール応答の官能評価と定量評価の相関関係は強く,ロールが小さいと,ロール応答の官能評価値が高くなる.

(3)今後,各種走行条件についても検討する.

自動車用の表面張力ダンパの実験研究

G-2

（近畿大学高専 総合システム工学科，近畿大学高専[(1)]）
○中嶋基晴・岩元達樹・松本守生・武馬修一[(1)]

キーワード:suspension, component, nanotechnology, silica gel, surface tension

1. 諸言

車両の小型・軽量化及び脱石油化の車つくりが求められている中，ばねとダンパが一部品で構成できる新概念の水と疎水化シリカゲルで構成された表面張力ダンパの研究発表が近年多くされている．古くは 1996 年の Eroshenko Valentin の特許があり，近年日本では SUCIU ら，岩壷らが基礎的解析から応用結果まで多く発表している．概要は，シリカゲル粒子内の細孔部に浸水・出水する水の表面張力を利用して，ばね特性とヒステリシス減衰特性を実現する緩衝装置である．基本であるストローク - 荷重の静的特性の設計要件を定式化し，車両用の表面張力を利用したシリンダを設計した．

今回は静的加振を加えたコロイダルシリンダの各部温度（ダイアフラム内コロイダル溶液温度，シリンダ内の拡散された温度，シリンダ表面温度）を計測し，ダンパ機能として温度上昇が少ないコロイダルシリンダのヒステリシス減衰の仕事量とシリンダの温度変化の解析について報告する．

2. シリンダ構成と温度特性

表面張力を利用したシリンダ構成を Fig. 1 に示す．ストロークとシリンダ各部温度変化について Fig. 2 に示す．

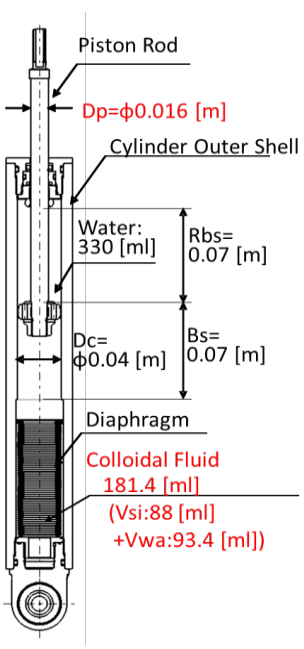


Fig.1 Cylinder Structure

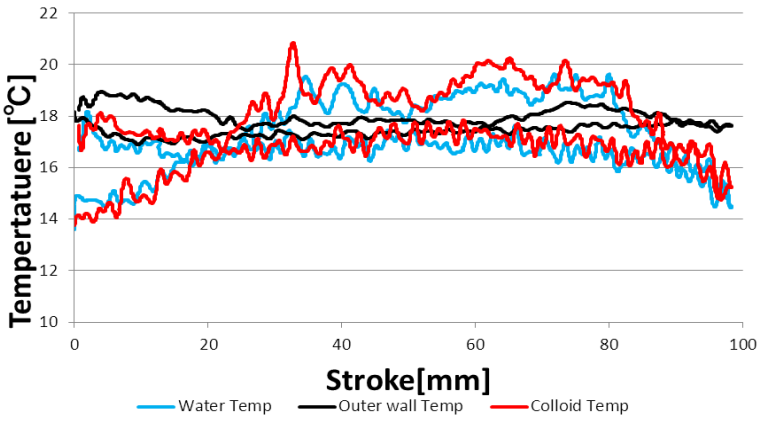


Fig. 2 Stroke - Temperature

3. 温度特性と荷重ストローク特性との関係

コロイダル溶液の温度変化とストローク - 荷重で表される静的特性との関係図を Fig. 3 に示す．

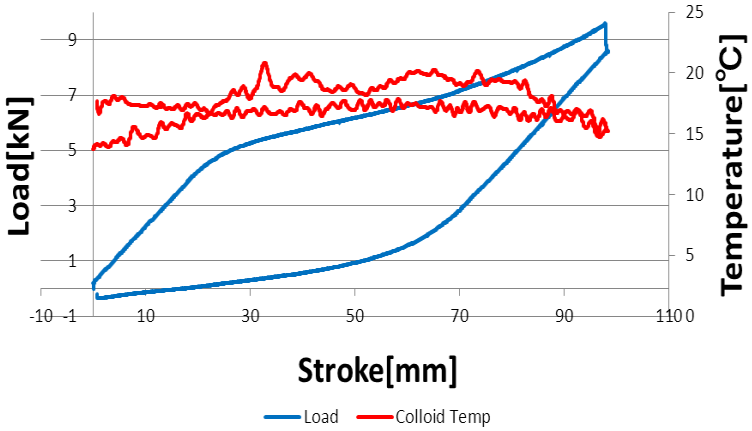


Fig. 3 Stroke - Load & Colloid Temperature

4. 結言

①シリンダ表面の温度変化は少なく，水温とコロイダル溶液の内部温度の変化が大きい．

②水の温度上昇に対し，コロイダル溶液の温度上昇の方が大きいことが分かった．

③今後はストロークに対してのコロイダル溶液温度の関係を今後調査すると共に，ストローク - 荷重特性の仕事量と温度変化の関係について解析する．

お問い合わせ先
氏名：武馬修一（ブマ）
E-mail： buma@ktc.ac.jp

G-3

圧縮領域を使った動画からの３次元復元システムの検討

（茨城高専専攻科機械工学専攻）
○永作 亮介　池田 耕（指導教員）

キーワード：H.264，オプティカルフロー，３次元復元，単眼カメラ，エピポーラ幾何

１．緒言

地形や建築物の３次元形状を計測することは、都市環境整備や景観シミュレーション等の観点より近年重要性を増してきている。従来のオプティカルフロー(OF)を用いた３次元復元手法では、カメラの運動パラメータおよび３次元位置を推定するためにシーン中の特徴点を検出・追跡し、OF を計算する必要があった。本研究では、安価な単眼カメラで撮影した屋外環境を、少ない計算コストで３次元復元するシステムを提案する。

２．手法

H.264 方式は動画中の１フレームを 16×16 画素を１ブロックとしたマクロブロックで分割し、各フレーム間の共通したマクロブロックの動きベクトルである OF が与えられている。OF はカメラモーションと対象物との相対的運動によって与えられる画像上のある１点の動きであり、対象物の奥行き情報を含む。

動画は自転車のハンドル部に固定した Panasonic 社 HX-A100 により撮影する。シーン中のワールド座標を(X,Y,Z)とし、透視投影変換によって画像上(u, v)に投影されるとする。これらの関係式は次のように表される。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x k_x & 0 & c_x & 0 \\ 0 & f_y k_y & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、(f_x, f_y)を焦点距離、(k_x, k_y)を有効画素数、(c_x, c_y)を画像中心座標とする。上式は次のように書き表される。

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = [K][R|T] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

[K]を内部パラメータ、$[R|T]$を並進・回転同次変換行列あるいは外部パラメータと呼ぶ。ここで焦点距離 f=1 のカメラによって異なった角度から対象物を撮影した２画像を比較する。２画像中の対応したある１点に対して、画像座標はそれぞれ x、x'とし、カメラ座標においては$\tilde{x}$、$\widetilde{x'}$とする。ここで２画像のカメラ位置と画像座標に対応した３次元空間の１点を結んだ平面をエピポーラ平面と呼ぶ。エピポーラ平面上には$\tilde{x}$、t、$R\widetilde{x'} + t$の共平面ベクトルの関係から次の式が成り立つ。

$$\tilde{x}^T \left(\mathrm{t} \times \left(R\widetilde{x'} + t \right) \right) = 0$$
$$= \tilde{x}^T [t]_x R\widetilde{x'} = \tilde{x}^T E \widetilde{x'} = 0 \quad (3)$$
$$E = [t]_x R \quad (4)$$

ここで$[t]_x$は並進行列の反対称行列であり(4)式を E 行列(基本行列)と呼ぶ。内部パラメータ K のカメラで撮影した時、画像座標を m、m'、カメラ座標において$\widetilde{m}$、$\widetilde{m'}$とする。これらは次の関係式で表される。

$$\widetilde{m} = K\tilde{x} \quad (5)$$
$$\widetilde{m'} = K\widetilde{x'} \quad (6)$$

(3)(5)(6)式より

$$\tilde{x}^T E \widetilde{x'} = \widetilde{m}^T K^{-T} E K^{-1} \widetilde{m'} = \widetilde{m}^T F \widetilde{m'} = 0 \quad (7)$$
$$F = K^{-T} E K^{-1} \quad (8)$$

(8)式は F 行列(基礎行列)と言われる。事前のキャリブレーションで求めた K 行列をもとに、各画像間の E 行列と F 行列を計算する。これらをベースに$[R|T]$を推定し、オプティカルフローを(2)式にあてはめ、３次元位置を求める。

３．結果

fig.1 サンプル動画像

fig.2 B フレームの OF

fig.2 は動画像中(fig.1)の B フレーム３枚について、各マクロブロックに関する OF を図化したものである。道路沿いの茂みは特に OF 点数が多い。

４．考察

本研究ではマクロブロック単位を特徴点としているが、fig.1 より、３次元位置推定を行うには十分な特徴点数と考える。また、画像間の相関をかけることなく OF を用いて推定できるため、計算コストを従来手法に比べて大幅に削減できると考える。

お問い合わせ先
氏名：永作 亮介
E-mail：ac14106@ibaraki-ct.ac.jp

G-4

レーザードップラー流速計測手法を用いた単眼２次元３成分流速計測手法の開発

（茨城高専専攻科機械工学コース[1]、茨城高専機械システム工学科[2]）
○森田康平[1]・池田耕[2]

キーワード：単眼、LDV、PIV、2D3C

1. 緒言

ステレオ PIV などの従来の PIV 手法では２次元平面３成分流速分布(2D-3C)の情報をえるために、複数のカメラを利用する必要があった[1)]。この方法は、カメラのレイアウトの問題から計測可能な対象が限られていた。

本研究では照明光学系に LDV の手法を導入し、面外成分の流速成分をドップラー周波数から得ることで、単眼で 2D-3C の流速分布を得ることが可能であることを実験より示す。

2. LDV

波長λのレーザー光を交差角２θで交差させたとき、幅 d の干渉縞が生じる。d は次式で与えられる[2)]。

$$d = \frac{\lambda}{2sin\theta}$$

粒子の速度を v として、v に対して干渉縞を垂直に設置することで輝度変化の波形が得られる。波形をフーリエ変換して、周波数 f が求まる。その f と d と v の関係は次式となる。

$$v = d \cdot f$$

3. 実験方法

(1)光学系

レーザーの出力は 100[mW]、波長は 532[Hz]である。 f ＝1000 のシリンドリカルレンズを使用し、レーザーが厚さ 1[mm]のライトシートになるよう光学系を設置する。干渉縞の幅 d ＝100[μm]となるようにレーザーを交差させる。

(2)測定流体

水に直径 30[μm]のトレーサー粒子を混合させた流体を用いる。直方体のアクリルケース２つをアクリルパイプでつなぎ１つの水槽を作る。図 1、図 2 は同じつなぎのパイプ部分で、ライトシートがパイプ出口を通過している様子が分かる。リフトによる水槽の上下でマノメータ振動を起こし流れ場を得ている。

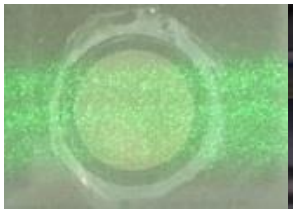


図１　管正面

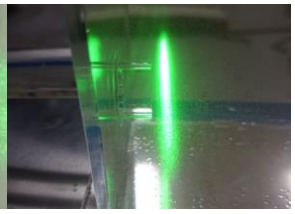


図２　管側面

(3)撮影条件

撮影には CCD カメラを用いる。画素数 440×384 [pixel]、フレームレート 53[fps]、ゲイン 0[dB]、シャッタースピード 1.76[ms]とし、パイプ出口を図１の向きから 100 枚撮影した。

4. 結果およびまとめ

撮影した画像に関して、従来の PIV ソフトウェアでの結果を図 3、LDV による結果を図 4 に示す。このように２D-３C の流速分布を得ることが実験から示せた。

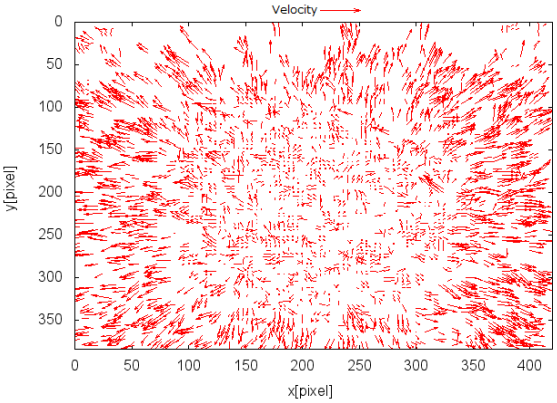


図３　面内速度成分(PIV)

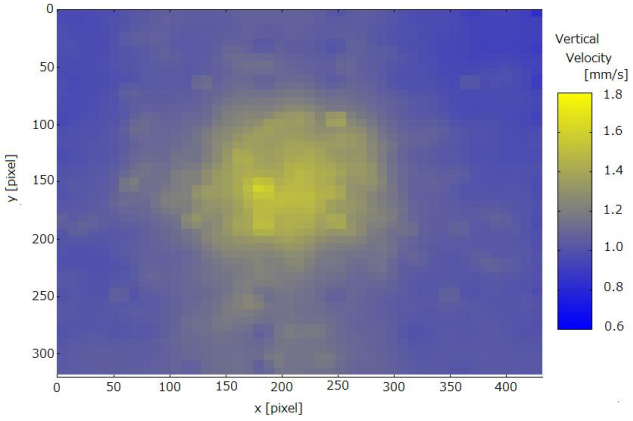


図４　面外速度成分(LDV)

参考文献
1)M.Raffel 他 :PIV の基礎と応用(2000)
2)流れの計測懇談会 :LDV の基礎と応用(1980)

お問い合わせ先
氏名：森田　康平
E-mail：ac14107@gm.ibaraki-ct.ac.jp

G-5

色相値を用いた EHL 油膜厚さの測定に関する研究

（久留米工専専攻科　機械･電気システム工学専攻 [1]　機械工学科 [2]）
○山本 悠真 [1]・和泉 直志 [2]・大津 健史 [2]

キーワード：EHL 油膜厚さ，光干渉法，色相値

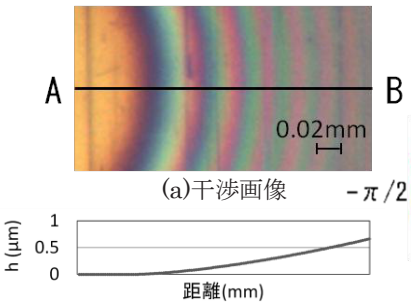
1. はじめに

光干渉法による潤滑油膜厚さを測定する方法のひとつが，色相値を用いる方法[1)]である．しかし，測定方法自体については詳しくは説明されず，その物理的意味もはっきりしない．そこで，本研究は色相値と油膜厚さの対応づけ（検定曲線の作成）について，波の干渉という原理から再確認することで，測定精度を向上させる方法について検討した．

2. 色相値による油膜厚さの測定

ガラス平板と平滑な鋼球を油を介して接触させた場合，ガラス平板側から接触域に白色光をあてると，反射光の光路差によって図 1(a)のような干渉縞が観察される．この画像の例えば AB 上の RGB 値から色相値を求め，弾性接触理論により計算されるすき間（油膜厚さ）との関係（図 3）を求めておけば，観察対象の任意の場所の油膜厚さを知ることができる．色相値 Hue は R，G，B 各値により次式[2)]で計算され，図 2 の色相環上の位置を示すとされる．

$$Hue = \tan^{-1}\left(\frac{0.7R - 0.59G - 0.11B}{0.89B - 0.3R - 0.59G}\right)$$



(a)干渉画像

(b) すきまｈ

図 1 干渉像とすきま

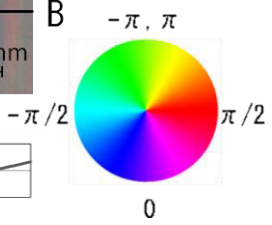


図 2 色相環

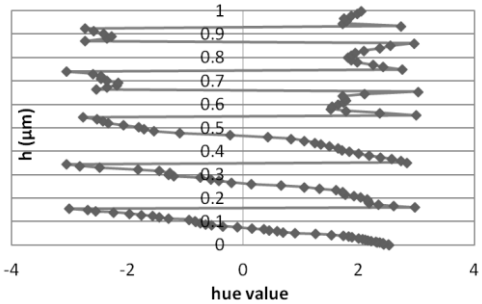


図 3 色相値とすきまの関係

3. 光を波長λの波と考えた干渉現象

図 1(a)に示した干渉縞は，油膜が厚くなるにつれ，黄→赤→青→緑→黄と色が変わり，図 2 の色相環を右回りに回ることがわかった．一方，すき間が大きくなると識別できる色の種類が減少する．これは，図 3 において色相値が限定されることに対応し，RGB 値の変動が減少すること（図 4）が原因と考えられた．この RGB 値の変動幅の減少は，単一波長では原理的には発生せず，RGB イメージセンサが各々，ある広さの感度帯域を持つために起こることを，位相差のある波の重ね合わせを用いたシミュレーションから確認した．

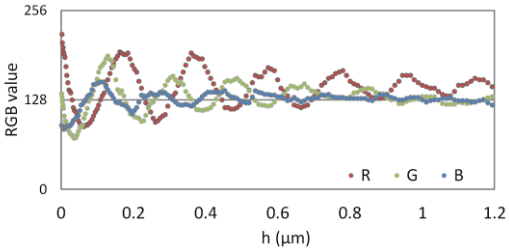


図 4 実画像 RGB 値

4. 検定曲線

油膜厚さの増大による色相値の変化が，色相環を右回りに回ることであることから，図 3 に示した色相値-油膜厚さの関係は，原理的には図 5 のように表され，一つの近似式とすることが可能と考えられた．

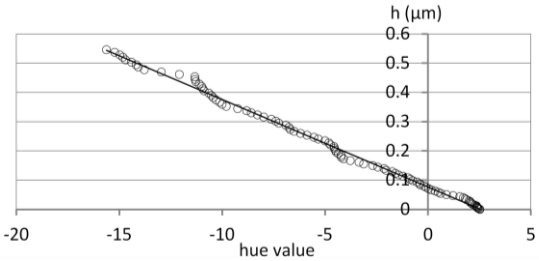


図 5 検定曲線　（色相値－油膜厚さ）

参考文献

1) L.Gustafsson et.al.IMechE., Part J, 208 (1994), 199-205.

2) 八木 他：C 言語で学ぶ実践ディジタル画像処理，オーム社，2001.

問い合わせ先
山本　悠真　　izumi@kurume-nct.ac.jp

G-6　超音波診断・治療補助ロボット ReDAT による プローブピボット動作を伴う断層像取得アプローチ

（沼津高専　電子制御工学科[1]，専攻科[2]）
○瀬戸翔太[1]・田中優斗[2]・西村和真[2]・青木悠祐[1]

キーワード：超音波診断・治療補助ロボット，ピボット動作，コンプライアンス制御

1. はじめに

超音波診断は, 他の医用画像診断法と比較して，低浸襲，低コスト，可搬性に優れるといった利点を持つ一方, プローブと呼ばれる器具を医師・検査技師（以下検者）が持ち，検査部位に接触，維持しなければならないことによる様々な問題が存在する．そのため，プローブ走査手技をロボットが代行することによる検者の負担軽減に関する研究が盛んに行われている．我々は，ロボットに取り付けられたプローブを検者が持ち，通常の診断と同様に走査，所望の断層像を見つけた際にプローブから手を離しても, ロボットが自律的に撮像を続ける超音波診断・治療補助ロボット ReDAT システムの構築を進めている[1]．これまで開発してきたロボットは患者体位として仰臥位（仰向き）のみならず側臥位（横向き）の検査にも対応可能である点に特徴を有しており, 従来の診断と同等のプローブ可動域を持っている. そこで本論文では, 検者がプローブ走査する際の反力に着目し, その値を指令値とするコンプライアンス制御系によってプローブを走査するシステムを構築し, 心尖部四腔断面に代表されるように, 体表面に対してプローブを大きく傾けなければ撮像できない部位へのアプローチ実験を行い，断層像の取得に成功したので報告する．

2. ロボットによる断層像取得アプローチ

Fig.1 に ReDAT システムのブロック線図を示す. 本システムはロボットに取り付けたプローブを操作者が持ち，所望の方向へ動かすことで 6 軸力センサが値を検出しコンプライアンス制御によって駆動するようになっている. このシステムを用いて，Fig.2 に示すように側臥位被検者(20 y.o., male)に対して撮像実験を行った. 本ロボットは側臥位検査に対応するためにプローブ把持部を 90[deg]傾けた状態であっても, センサ出力を変換することにより操作者の意図する方向への駆動が可能となっている. また, プローブを体表面に対して煽るように走査するピボット動作によって従来のロボットが撮像不可能であった心尖部四腔断面の撮像にも成功した. 今後はコンプライアンス制御のパラメータを調整し, プローブ走査者が動かしやすい制御系を構築していく．

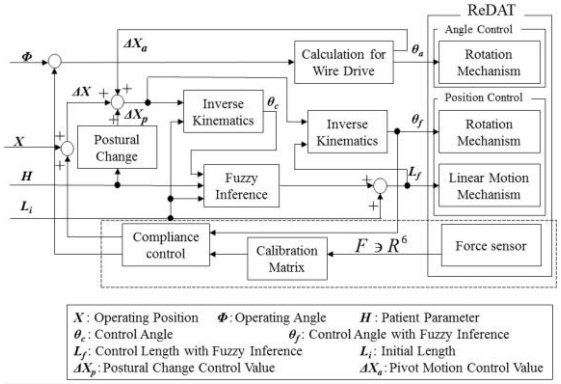


Fig.1 Compliance control system for ReDAT

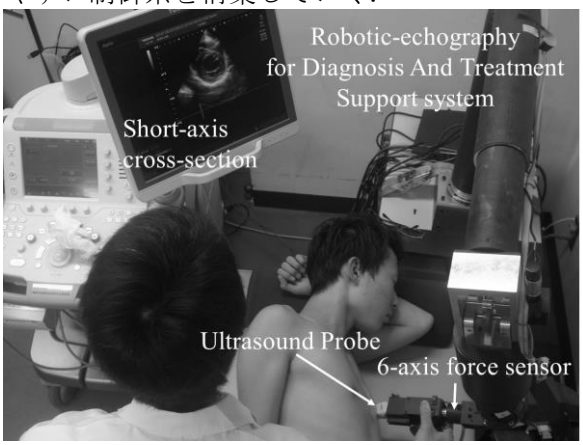


Fig.2 Robotic-echography system

3. おわりに

本論文では, 医師の負担を軽減する超音波診断・治療補助ロボット ReDAT を用いて，従来のロボットでは不可能であったプローブを大きく傾けなければ撮像不可能であった部位の撮像実験を行った. 今後は被検者を増やすと共に, 従来の診断同様の違和感のないプローブ操作感の実現を目指していく予定である．

4. 参考文献

[1] 西村他, ROBOMECH2014, DVD-ROM, 2014.

お問い合わせ先
氏名：青木悠祐
E-mail：y.aoki@numazu-ct.ac.jp

衝撃波伝播によるフィルタ背後の圧力変化

G-7

（豊田高専専攻科電子機械工学専攻[1]、豊田高専機械工学科[2]）
○松浦優大[1]・小谷　明[2]

キーワード：　衝撃波，衝撃波管，圧力変化，フィルタ

１．背景と目的

衝撃波とは，音速を超えて伝播する圧力の波であり，その背後では気体の圧力，密度，温度等が不連続に上昇する．衝撃波は爆発が起こった際などに発生するため，安全面からも衝撃波を減衰させることが必要となる．従来の衝撃波の減衰に関する研究では，減衰フィルタを用いることにより衝撃波の急激な圧力上昇を抑えられることが報告されている．しかしながら，衝撃波がフィルタを通過した際の衝撃波背後の圧力変化と衝撃波の伝播挙動の関連性については明らかになっていない．本研究では，フィルタを通過した際の衝撃波の伝播挙動を調べるため，可視化が可能である正方形断面の衝撃波管を構築し，その性能実験を行うとともに，衝撃波によって発生するフィルタ背後の圧力変化を調べた．

２．実験装置および実験方法

本実験に用いたピストン式無隔膜衝撃波管は，高圧部，低圧部および補助高圧部から構成されている．低圧部は一辺 12mm の正方形断面で長さは 1690 mm である．低圧部管端には，衝撃波による圧力上昇を測定するためにピエゾ式圧力センサが設置されている．実験では低圧部圧力 p_1 を大気圧とし，初期圧力比 p_4/p_1 を 0.30～0.45 MPa，補助高圧部圧力差を p_4＋0.05 MPa とした．本実験では，イノアックコーポレーション製ウレタンフォームフィルタ MF13（厚さ 10mm）を用い，低圧部管端面との距離は 10mm とした．

３．結果および考察

図 1 にフィルタがない場合の圧力波形を示す．この図より，衝撃波による不連続な圧力上昇後，p_4 = 0.30，0.35 MPa の場合では圧力が徐々に減少していること，p_4 = 0.45 MPa の場合では増加していること，p_4 = 0.40 MPa の場合では不連続な圧力上昇後の圧力がほぼ一定となっていることが分かる．これらのことから，衝撃波が初期圧力比によって加速域，等速域，減速域が存在し，p_4 = 0.40 MPa の場合に等速で衝撃波が伝播していると考えられる．しかしながら，本実験ではマッハ数を測定するために必要な圧力を低圧部の管端でしか測定できないので，フィルタを取り付けた場合にはマッハ数が測定することはできない．そのため，初期圧力比に対するマッハ数に再現性が必要となるが，p_4 = 0.40 MPa の場合に十分な再現性が見られた．したがって，初期圧力比を一定にすることにより，マッハ数が同じ衝撃波が発生することが確認された．

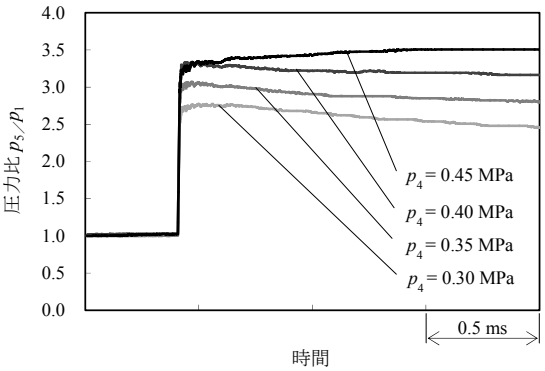


図 1　圧力波形（フィルタなし）

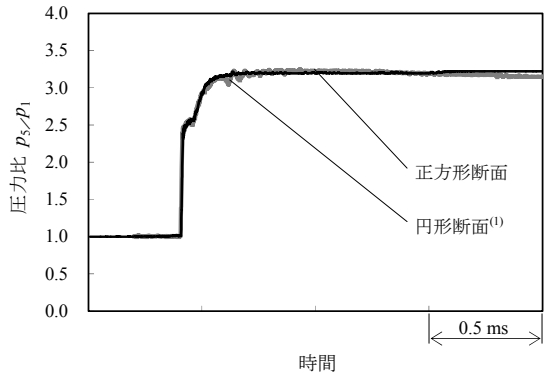


図 2　断面形状による圧力波形の比較
（フィルタあり，p_4 = 0.40 MPa）

図 2 にフィルタを取り付けた場合の実験で得られた圧力波形を示す．この図より，正方形断面と円形断面(1)における圧力波形に変化は見られず，本実験の範囲内では，衝撃波管断面の形状が圧力波形に及ぼす影響は小さいと考えられる．

参考文献

(1)　徳田，小谷，第 19 回高専シンポジウム in 久留米講演要旨集，p.185，2014.

お問い合わせ先
氏名：小谷　明
E-mail：kotani@toyota-ct.ac.jp

G-8

使用者毎の校正が不要な手指運動計測デバイスの研究開発

（豊田高専専攻科電子機械工学専攻[1]、豊田高専機械工学科[2]）
○木村友彰[1]・上木諭[2]・兼重明宏[2]

キーワード：手指運動、計測装置、校正

1. はじめに

人の手指は多くの自由度を持ち，屈曲・伸展運動や複雑な母指の対立運動を組み合わせることにより多様な動作を行う．この複雑な手指動作を測定することで直感的な入力デバイスとなり，多様なアプリケーションに応用することができる．しかしながら，既存の手指運動を測定するデバイスには以下の問題がある．

- 指関節位置とセンサ位置が異なる
- 手の大きさに合わせる校正が必要

この問題を解決し，使用者ごとの校正が不要な新しいデバイスの開発を目的とし，本研究では昨年度開発した指部分の機構の改良と新たに母指機構を開発した．

2. デバイスの機構

指の機構には昨年度までの，図 1 左に示すような，伸縮機構と回転軸を組み合わせた機構を用いる．さらに，母指は CM 関節及び MP 関節がそれぞれ二自由度持ち，この組み合わせで複雑な動作を行うことができる．そこで，CM 関節には図 1 右に示すようなジョイスティックとロータリポジションセンサを組み合わせた機構とする．この機構により母指の外転・内転動作，対立動作の測定が可能となる．

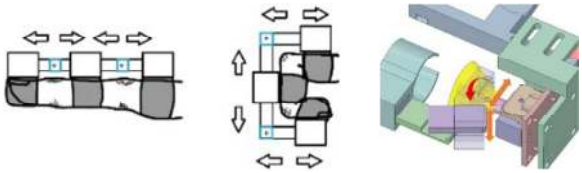


図 1　デバイスの機構

3. デバイスの評価

製作したデバイスを用いて示指と母指の曲げ動作や指の開閉動作の測定を行った．実際の指の角度の測定は写真を撮影し，写真に線を引くことで指関節角度の真値とした．さらに，写真での測定では正確な角度が測定できない恐れがあるため誤差の目標値として 5 度以下とし，測定値と真値の誤差について比較し評価を行った．

示指の測定時の写真と測定結果を図 2，3，母指の測定時の写真と測定結果を図 4，5 に示す．この結果，示指 PIP 関節以外の関節では測定値と真値との誤差の目標値である 5 度以下となった．

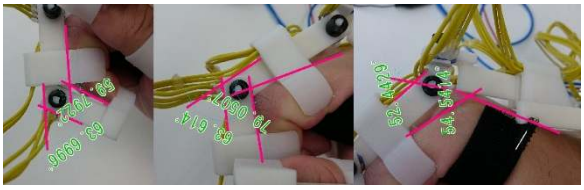


図 2　示指の測定時の写真

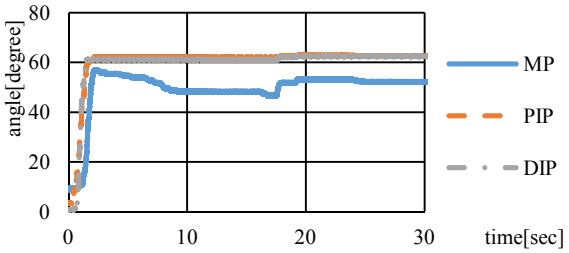


図 3　示指の測定結果

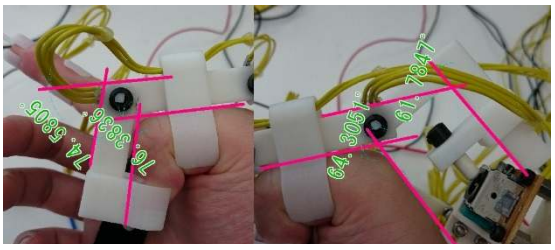


図 4　母指の測定時の写真

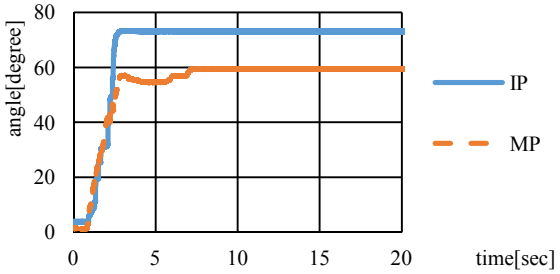


図 5　母指の測定結果

4. まとめ

上記の評価から提案したデバイスについて以下のことが得られた．

- 指関節位置とセンサ位置の一致した機構
- 使用者毎の校正の不要化

お問い合わせ先
氏名：上木諭
E-mail：s_ueki@toyota-ct.ac.jp

G-9

サイフォン現象を利用した水力発電の設計・製作と数値シミュレーション

（茨城高専専攻科産業技術システムデザイン工学専攻[1]、
茨城高専機械システム工学科[2]）
○小沼良輔[1]・冨永学[2]

キーワード：水力発電、サイフォン現象、数値シミュレーション

１．はじめに

2011 年 3 月 11 日の震災以来，再生可能エネルギーの利用に関心が払われるようになった．その中でも流れる水は，安定的にエネルギーを生産することができるエネルギー資源であり，最近では小水力発電が注目されてきている．

小水力発電は，河川等の水流がある場所や高層建築物の循環水などで用いられてきが，本研究室と共同研究を行っている企業が持つ特許「サイフォンの原理を用いて井戸の地下水を常時汲み上げ，それを流路内の水車により発電を行う」（特許公開 2013－47476）を用いれば，河川や高層建築物のない場所でも水力発電が可能になる．ここでは，本方式の発電を井戸発電として呼ぶことにする．

このような背景を踏まえて，本研究ではこのアイディアの具現化を目標として，井戸発電を前提とした実験用の水力発電システムを設計・製作し，流動の発生を確認する．また，数値シミュレーションを用いてサイフォン現象を再現し，実際の実験装置との平均流速，管摩擦係数の比較を行う．

２．実験方法

設計・製作した実験装置の概略図を図 1 に示す．実験装置の設計と解析モデルの作成には Dassault Systèmes SolidWorks 社製 3-D CAD ソフトウェア「Solid Works」を用いた．

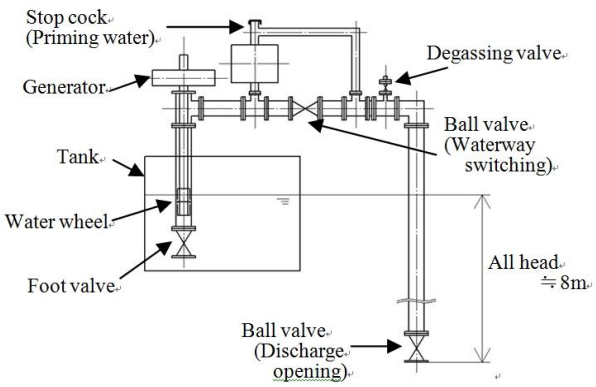


図 1. 実験装置の概要

0.5 m^3 のタンクに 0.1m^3 毎の目盛を施し，排出するのに要した時間から体積流量（以下，流量）を算出する．また，その結果から装置全体としての管摩擦係数を求める．

次に，Altair 社汎用熱流体解析ソフトウェア「AcuSolve」により数値解析を行う．解析モデルは弁やポンプ，軸受け部などの細部を除いた単純な管流路とした．数値解析は，水の重力と流入口および流出口に大気圧を設定し，流動をシミュレートする．水の物性値には，密度 1000kg/m^3，粘度 0.001Pa･s を用いた．境界条件として流入口及び流出口に圧力 0Pa と，モデル全体に重力 9.8m/s^2 を与えた．また，乱流モデルには Spalart-Allmaras モデルを使用した．

３．実験結果

管の内径 65mm，全長 10m，総落差 8m の逆 U 字管タイプの実験装置を設計･製作し，貯水タンク内の水がすべて流出するまで，連続したサイフォン現象を確認することができた．流量はタンク液面の降下の影響はあるものの，ほぼ一定の 12.3×10^{-3} m^3/s となった．

この結果から，配管全体としての平均流速は 3.62m/s で，レイノルズ数は 232732，さらに配管内が滑らかな壁面であるとしてニクラゼの式から求めた管摩擦係数は 0.015 となる．

一方，数値解析の結果からは，流入口から流出口に向かって流量 19.9×10^{-3} m^3/s，平均流速 6.04m/s が測定され，サイフォン現象が再現された．これらの結果から，レイノルズ数は 392600，管摩擦係数は 0.014 となり，管摩擦係数は実験結果と近い値であったが，平均流速は大きく異なった．

前述したように，解析モデルは実際の管流路を単純化したものである．現在，詳細な解析モデル構築し，解析を進めている．これらの結果については，シンポジウム当日に報告する予定である．

お問い合わせ先
氏名：冨永学
E-mail：tominaga@mech.ibaraki-ct.ac.jp

G-10

マイクロ波放電アルゴンプラズマの分光測定に関する研究

（茨城高専専攻科産業技術システムデザイン工学専攻[1]、茨城高専[2]）
○小林裕人[1]・澁澤健二[2]

キーワード：プラズマ、分光測定、マイクロ波放電

１．緒言

プラズマ中に存在する分子の電子的励起温度を推定する方法の一つとして、試験気体中に微量の希ガスを混入し、その原子線強度から電子的励起温度を推定する方法がある。当研究室ではアルゴンガスを電子的励起温度を推定するための希ガスとして選定し、マイクロ波放電により低圧アルゴンプラズマを発生させ、その分光測定結果からボルツマンプロット法を用いて電子的励起温度の推定を試みてきた[1)]。しかし、得られたプロット結果はばらつきが大きく、温度推定ができなかった。これは共振器内で発生したプラズマが強い非平衡状態にあったためと考えられる。アルゴンプラズマはマイクロ波の影響のない共振器下流側でも発生しており、そこではマイクロ波によるエネルギー供給がほとんどなくなるため、プラズマの特性が変わり電子的励起温度の推定ができるのではと考えられる。

そこで本研究では、マイクロ波放電により低圧アルゴンプラズマを発生させ、共振器下流側に現れるアルゴンプラズマに対して分光測定を行い、測定位置の違いによる放射特性の変化について検討を行った。

２．実験概要

図 1 に実験装置概略を示す。内径 10mm の石英管を共振器に挿入し、真空ポンプにより管内を排気しながらアルゴンガスを一定流量で流入させる。マイクロ波発生装置を用いて共振器内に 2.45GHz のマイクロ波を伝送させ、低圧アルゴンプラズマを発生させる。この時、共振器下端から約 100mm の位置までアルゴンプラズマは発生する。実験は流量 200ml/min、入射電力 50W、管内圧力 1.2kPa で行い、共振器下端から 60mm、75mm、90mm の位置を 400～475nm の波長範囲で分光測定した。

３．実験結果および考察

図 2 に低圧マイクロ波放電アルゴンプラズマの分光測定結果を示す。横軸は波長、縦軸は相対強度である。測定した 400～475nm の波長範囲において 17 本の 4s-5p 軌道間の Ar 原子線を明瞭に観測した。アルゴンプラズマの放射強度は共振器下端から 75mm まで強度はあまり変化せず、距離が離れるにつれて減少する傾向が見られた。このことから、75mm 位置までは上部準位の 5p 軌道にある粒子数は十分にあり、ボルツマンプロットの検討も可能であると考えられる。発表ではボルツマンプロット結果も報告する。

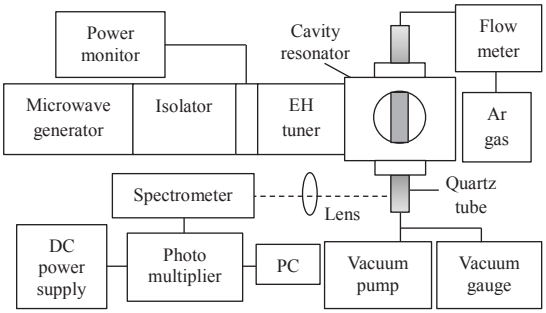


Fig.1 Schematic view of experimental setup

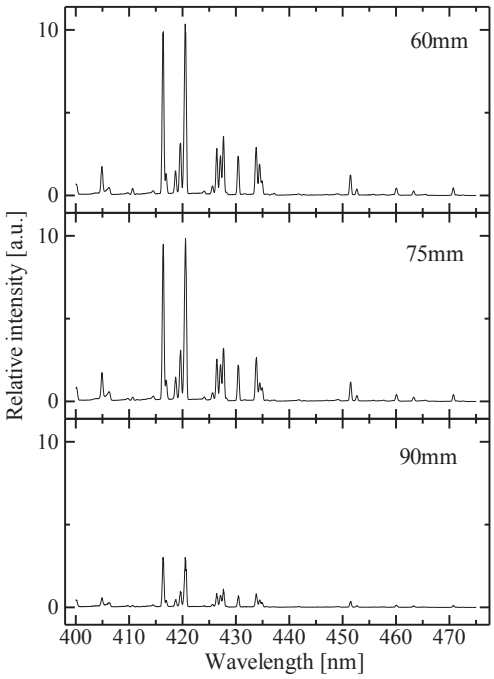


Fig.2 Experimental spectra

参考文献

1）棚井佑太, 澁澤健二, Ar 原子線を用いたボルツマンプロット法による電子的励起温度測定に関する研究, 第 16 回高専シンポジウム in 米子 講演要旨集, p104, 2011.

お問い合わせ先
氏名：澁澤健二
E-mail：shibusawa@mech.ibaraki-ct.ac.jp

G-11

マイクロ波放電アルゴンプラズマにおける Ar I 5p 軌道上の粒子数分布に関する一考察

（茨城高専専攻科産業技術システムデザイン工学専攻[1]、茨城高専[2]）
○角田　優利[1]・小林　裕人[1]・澁澤　健二[2]

キーワード：プラズマ、分光測定、放射、ボルツマン分布

１．緒言

当研究室ではマイクロ波放電アルゴンプラズマの分光測定から、400~475nm の波長範囲で 4s-5p 遷移によるアルゴン原子線を観測し、アルゴンプラズマの放射特性を調べている[1)]。本研究では共振器内のアルゴンプラズマから得られた実験スペクトルと理論スペクトルを比較することで、その原子線強度から上部準位であるアルゴン中性原子 Ar I の 5p 軌道上の粒子数分布を求めた。

２．理論

一般に、ある１つの遷移に対する原子線強度は次式で与えられる。

$$I_{ul} = \left(\frac{1}{4\pi}\right) h\nu_{ul} A_{ul} N_u \qquad (1)$$

ここで、u は上部準位、l は下部準位, h はプランク定数、ν_{ul} は振動数、A_{ul} は放射遷移確率、N_u は上部準位 u に存在する原子の数密度である。ボルツマン分布を仮定すると N_u は次式で表せる。

$$N_u = N \frac{g_u}{Z(T)} \exp\left(-\frac{E_u}{kT}\right) \qquad (2)$$

ここで、N は全数密度、g_u は上部準位の重率、$Z(T)$ は分配関数、E_u は上部準位エネルギー、k はボルツマン定数、T は温度である。式(2)を式(1)に代入することにより原子線強度を求めることができる。

３．実験結果および考察

分光測定により得られた共振器内の実験スペクトルとボルツマン分布を仮定した理論スペクトルを比較した結果を図１に示す。点線は理論スペクトル、実線は実験スペクトルであり、420.2nm の波長位置に現れる原子線で規格化し、相対強度比較を行っている。今回は、理論スペクトルに T=3000K のボルツマン分布を与えているが、温度を変化させても実験スペクトルと一致させることはできなかった。これより、5p 軌道上の粒子数分布はボルツマン分布になく、プラズマは非平衡状態にあることがわかった。次に、理論スペクトルに与えている各準位上のボルツマン分布から任意に粒子数を変化させ、実験スペクトルに近い理論スペクトルを計算させた時の上部準位の粒子数分布を図２に示す。5p 軌道上には全部で 10 個のエネルギー準位がある。この図から、実際のプラズマの粒子数分布にはボルツマン分布と比べ大きなばらつきがあることがわかるが、なぜこのような粒子数分布になったのかは現在検討中である。各軌道上の粒子数分布は他の軌道からの遷移に強く影響を受けるため、できる限り多くの軌道上の粒子数分布を求めることがこの原因を解明していく上で重要となる。今後、長波長側で観測された Ar 原子線についても同様の検討を行っていく予定である。

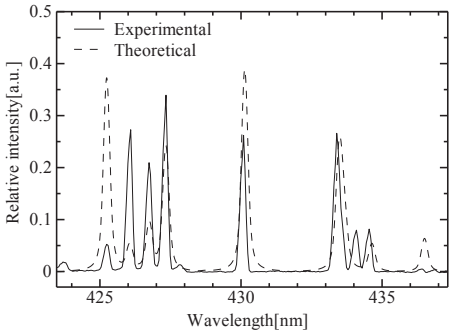


図１　実験スペクトルと理論スペクトルの比較

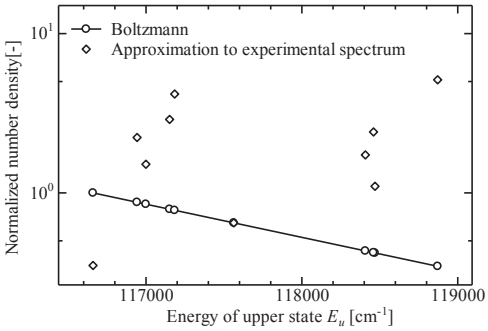


図２　粒子数分布の比較

参考文献

１）小林裕人、澁澤健二、マイクロ波放電アルゴンプラズマの分光測定に関する研究、第 20 回高専シンポジウム講演要旨集、2015.

お問い合わせ先
氏名：澁澤健二
E-mail:shibusawa@mech.ibaraki-ct.ac.jp

G-12

傾斜対応パワーアシスト車椅子の開発

（函館高専機械工学科[1]、函館高専生産システム工学科[2]）

橋本飛鳥[1]・浜克己[2]・中村尚彦[2]

キーワード：車椅子、横傾斜、パワーアシスト

１．諸言

車椅子は，肢体不自由者や高齢者にとって効果的な移動手段であるが，傾斜面を走行する際には使用者に対する負荷が大きい．傾斜は，前後方向だけでなく左右にも存在しており，特に後者の場合は車椅子が低い側へ曲がり，路外に逸脱して事故につながるケースがある。

このような事故を防止するために，左右に傾斜のある路面でも平坦地と同じ感覚で直進できるように，傾斜センサを用いて横傾斜を検知し，傾斜による負荷を取り除くためのパワーアシスト用制御システムを開発することが本研究の目的である。本稿では，そのための制御方法を示し，有効性を確認する[1]。

２．車椅子に働く力

2.1 重力の影響

左右に傾いている傾斜において，車椅子に働く重力の関係を図 1 に示す．傾斜に対する平行成分 $W\sin\theta$ が車椅子の横ずれの原因となり，これを F として式(1)に示す．

$$F = W\sin\theta \quad \cdot\cdot(1)$$

ここで，W は重量[N]，θ は傾斜角度[deg]を示し，この力 F によって車輪に働く力を補助トルク τ で打ち消すことで，平坦地と同様の感覚を得ることができると考える．

2.2 理論(両方の車輪に補助トルクを出力)

車椅子に作用する力の関係を図 2 に示す。いま，車椅子の進行方向を右方向，回転中心 $O1$ を車軸上の中央とし，この点から重心までの距離を $x1$ とする．重心には力 F が低い側に働くとともに，モーメントが発生する．高い側の車輪には進行方向の力 $F1$，低い側の車輪には後退方向の力 $F2$ が働くため，この力をアシストによって打ち消す必要がある．$F1$ と $F2$ を同じ大きさとし，高い側の車輪にはブレーキ，低い側の車輪はモータのアシストで打ち消すことにすれば，片輪あたりの補助トルク τ は式(2)で示すことができる．

$$\tau = F1 \times R = F \times \frac{x1}{L} \times R \quad \cdot\cdot(2)$$

ここで，R は車輪の半径であり，L は左右の車輪間の幅である．

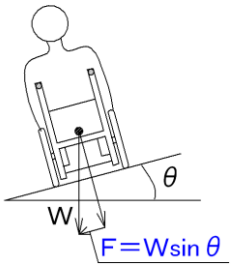


図 1 車椅子に働く重力

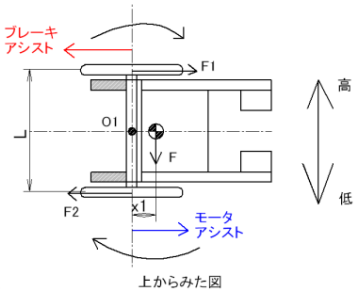


図 2 車椅子に作用する力

0sec　10sec　0sec　10sec

(a)アシストなし　(b)アシストあり

図 3 実際の走行状況

３．実験と考察

実験は，体重 57kg の人間（被験者）が車椅子に搭乗し，左側に 3°の傾斜のある斜面を左右ほぼ同様の力でハンドリムをこいで走行し，アシストの有無に対してそれぞれの走行状況を調査した．それらの結果を図 3 に示す．

(a)のアシストなしの状態では，走行するにつれ低い側にずれているが，(b)のアシストありの状態では，横の傾斜があっても平坦地と同様に直進できていることがわかる。また，こぐときの左右の腕に働く負荷も同じように感じ，左右で力を変える必要がないことがわかった．

４．結言

本研究では，左右方向の傾斜面における車椅子の走行に対し，アシストにより平坦地と同様の感覚で走行できることと理論の有効性が確認できた．

参考文献

[1] 本間：函館高専機械工学科卒業論文(2013)

お問い合わせ先

氏名：浜克己

E-mail：hama@hakodate-ct.ac.jp

G-13

フェノール樹脂誘導体を用いた新規両親媒性高分子の開発

（神戸高専専攻科応用化学専攻[1]、神戸高専応用化学科[2]）
○乾 晴菜[1]・根本忠将[2]

キーワード：両親媒性高分子、ビスフェノール A、ポリオキサゾリン

1. 緒言

両親媒性高分子は構成分子内に親水基と親油基を共に含み、その特異な性質から界面活性剤や相間移動剤、異なる分子間での相溶化剤など、幅広い分野で利用されている。

本研究では、耐熱性、機械的特性に優れた両親媒性高分子の開発を目的に、ビスフェノール A を母体とするフェノール樹脂誘導体に対して高分子反応を介して様々な官能基を導入後、重合開始剤として用いることで新規両親媒性高分子の創成を目指す(1)。

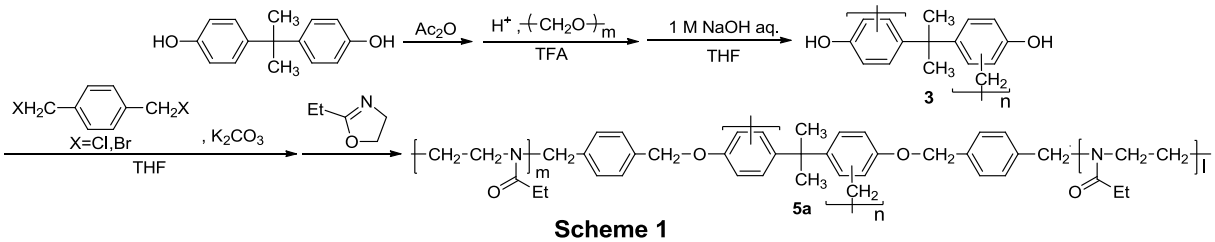
2. 実験

ビスフェノール A のフェノール性水酸基を、アセチル基で保護した **1** とパラホルムアルデヒドをトリフルオロ酢酸(TFA)存在下で付加縮合させた後、反応溶液をメタノールに投入することで **2** を回収した。得られた **2** の保護基を、塩基触媒を用いて 100%脱保護を行った **3** を合成した。**3** と α,α'-ジクロロパラキシレンを用いて塩基触媒(K_2CO_3)存在下で Williamson ether 合成を行った後、生じた不純物を濾過で取り除き、残渣をクロロホルムに溶解させ、ヘキサンに投入することで、再沈殿を行った。得られた沈殿を再びクロロホルムに溶解し、メタノールに投入することで **4a** を回収した。同様に **3** と α,α'-ジブロモパラキシレンを反応させることで **4b** を合成した。**4b** を開始剤として 2-エチル-2-オキサゾリンの開環重合をバルク条件下で行った後、反応物にクロロホルムを加え溶解した後、ジエチルエーテルに投入することで **5a** を回収した(**Scheme 1**)。得られた生成物の構造については FT-IR 及び ^{1}H NMR を用いて確認した。さらに、TG 測定により **4b**, **5b** の熱的特性を評価した。

3. 結果

1 を白色粉末として収率 96%で得た。FT-IR 測定結果から、カルボニル伸縮振動によるピーク、^{1}H NMR 測定結果からアセチルプロトンによるピークを確認した。付加縮合により、**2** を薄黄色粉末として収率 45%で得た。FT-IR 測定結果から、アセチルカルボニル由来のピークを確認した。加水分解により、**3** を茶色粉末として収率 79%で得た。FT-IR 測定結果から、アセチルカルボニル由来のピークが消失していたことから、全てのアセチル基が脱保護され、水酸基となっていることを確認した。Williamson ether 合成により、**4a**, **4b** を茶色粉末として収率 32%、43%で得た。FT-IR 測定結果から **3** の水酸基由来のピークが減少し、エーテル由来のピーク、ハロゲン由来のピークが見られ、さらにベンゼン環由来のピークが強まっていたことを確認した。また、^{1}H NMR 測定結果から酸素原子に結合したメチレンプロトン由来のピークを確認した。**4b** を開始剤とした 2-エチル-2-オキサゾリンの開環重合を行った結果、精製前の 2-エチル-2-オキサゾリンを使用した場合、**5b** を黄土色粉末として収率 19%で得た。一方、精製後の 2-エチル-2-オキサゾリンを使用した場合、その収率は 84%に向上した。FT-IR 測定結果から 1630 cm^{-1} 付近に三級アミド由来のピークを確認した。また TG 測定により、**4b**, **5b** の 10%重量損失温度はそれぞれ 268 °C、316 °C であったことから、重合反応の進行により、耐熱性の向上がみられたと考えられる。

参考文献
(1) Tamaki, R.; Samura, K.; Chujo, Y. *Chem. Commun*. **1998**, 1131.



Scheme 1

お問い合わせ先
氏名 ： 根本忠将
E-mail : nemoto@kobe-kosen.ac.jp

G-14

ポリイミンを基盤とする新規高分子錯体の合成

（神戸高専専攻科応用化学専攻[1]、神戸高専応用化学科[2]）
○山岡芙有佳[1]・根本忠将[2]

キーワード：高分子金属錯体、ポリイミン、分離剤

1. 緒言

金属イオンとの相互作用が可能な配位子は、その形態によって様々な金属錯体を生み出すことが知られている。特に高分子金属錯体が注目されているのは、その多様性と先端機能材性への応用が期待されるためである。その特徴は高分子由来のものと錯体由来のものがあり、高分子であるがゆえに材料性と複合性が豊かとなり、錯体であるため多様性と高い機能性を示すのが特徴となっている(1)。つまり、種々金属イオンと選択的に配位するような高分子を設計することにより、錯体形成による金属イオンの吸着・分離が可能となり、工業的に有用な分離材料として利用することも可能であると考えられる。

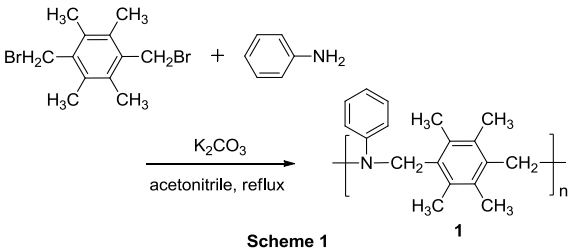
本研究では、金属イオンへの配位が可能な部位を主鎖部分に有する高分子としてポリイミンに着目し、側鎖に種々の置換基を導入することで、低分子配位子では形成することが出来ない様々な形状の高分子金属錯体の創製を目的に、一級アミンとジハロゲン化物からなる新規高分子配位子の合成を行い、コバルトイオンとの高分子金属錯体の合成を試みた。

2. 実験

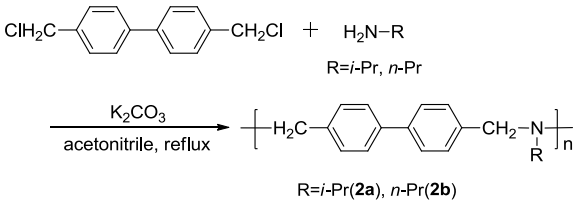
3,6-Bis(bromomethyl)durene (2 mmol, 0.64 g)と aniline (2 mmol, 0.19 g)に過剰の K_2CO_3 と acetonitrile を加え、加熱還流条件下で重縮合を行った(**Scheme 1**)。その後、反応溶液に chloroform を加え室温で撹拌した後、沈殿を濾過した。濾液を減圧下で留去した後、残渣を chloroform に溶かし *n*-hexane に滴下することで生成物 **1** を得た。

4,4'-Bis(chloromethyl)biphenyl (2 mmol, 0.50 g) に isopropylamine (2 mmol, 0.12 g)、propylamine (2 mmol, 0.12 g)をそれぞれ加えた後、過剰の K_2CO_3 と acetonitrile を加え、加熱還流条件下で重縮合を行った(**Scheme 2**)。その後、反応溶液に chloroform を加え室温で撹拌した後、沈殿を濾過した。濾液を減圧下で留去した後、残渣を chloroform に溶かし methanol に滴下することで生成物 **2a**, **2b** を得た。

得られた生成物 **1**, **2a**, **2b** を THF で溶解した後、cobalt(II) chloride の THF 溶液を加えて撹拌・静置させ、沈殿が析出した場合は遠心分離により溶液と沈殿を分離し、それぞれを回収することで金属錯体の合成を試みた。金属錯体の生成の確認には UV-Vis 及び FT-IR 測定を用いた



Scheme 1



Scheme 2

3. 結果及び考察

生成物 **1** は収率 14%で得られた。^{1}H NMR 測定結果より芳香族プロトンピークならびにメチルプロトンピークを確認することができたため **Scheme 1** に示すような構造であることを確認した。さらに GPC 測定(eluent: $CHCl_3$, PSt standards)より数平均分子量 6600、重量平均分子量 13600 であることを確認した。

生成物 **2a** の収率は 43%、**2b** の収率は 59%で得られた。同様に GPC 測定(eluent: $CHCl_3$)を試みたが、充填剤との相互作用が強く、分子量を評価することができなかった。しかし、^{1}H NMR 測定結果より芳香族プロトンピークならびにメチレンプロトンピークを確認することができたため **Scheme 2** に示すような構造であることを確認した。

また、錯体形成を試みた際、THF に対して可溶部では UV-Vis 測定結果より生成物 **1, 2a**、THF に対して不溶部では FT-IR 測定結果より生成物 **2a, 2b** が金属錯体を生成していると考えられる。

参考文献

(1) Kobayashi, A.; Konishi, G.; Shiraki, K. *Polym. J.* **2009**, *41*, 503-507.

お問い合わせ先
氏名：根本忠将
E-mail：nemoto@kobe-kosen.ac.jp

G-15

ちくわとは

（米子高専物質工学科、東京農工大学工学部[2]）
○井田健太郎[1]・安部希綱[2]・谷藤尚貴[1]

キーワード：メイラード反応、メラノイジン、脱水縮合、褐変，皮

1. 緒言

食品の長期間保存や芳香, 味を添加物により調整する方法は絶えず開発され続けている. 「和食」はそのだしの深みや食材の新鮮さ美しさ, 季節や年中の行事との密接な関わりからユネスコ無形文化遺産に登録されるなど他国からの興味を引いている. 日本で古くから楽しまれてきた食べ物は多くが日本各地で更なる独自の文化を形成して多様化している.

竹輪は西暦 200 年ごろから酷似したものが開発され食べられており, それ以来日本人は竹輪に魅了されてきた. 竹輪が地域によって独特な進展を広げた理由の一つに海魚を用いるところにあり，またもう一つに竹輪の「穴」による影響が大きい．この「穴」は様々な食品・調味料を挿入することが可能であり，この「穴」を利用した食品の開発は多岐に渡っている. 例えば，マヨネーズやキュウリ，サラダ(**Fig1**)などを入れた商品の人気は高くなっていると考えられる. 竹輪の風味に影響を与える要因は他にもあり, その中でも重要なのが竹輪の皮の存在である. 皮の色合いは竹輪の種類によって一般的に異なる(**Fig2**)．竹輪の皮は製造工程における加熱操作により竹輪中の成分であるアミノ酸と糖が脱水縮合することに始まるメイラード反応に深く関わっている．このことから，発表者らは竹輪の焼き色と原料成分に相関関係があるのではないかと予想しその解明に取り組んだ.

2. 実験・結果

スーパーで市販されている，焼き竹輪，とうふちくわ, あごちくわの三種類を乳鉢による混合によりすりつぶすことで試料として，TG－DTA 測定を行った(**Fig4**). DTG 測定結果から，100 °C 付近に水の蒸発と考えられる重量変化のピーク, 300 °C 以降に試料の分解と考えられるピークが見られた.

Fig1. 熊本県名産ちくわサラダ

Fig2. 竹輪の焼き色(左：とうふちくわ，右：焼き竹輪)

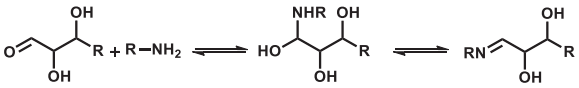


Fig3. メイラード反応初期段階におけるシッフ塩基の生成反応

これらのピークはあご竹輪, とうふちくわ両方に共通のものであったが, 170 °C 付近にあご竹輪にのみ見られる特徴的な質量変化が見られた. これはメイラード反応の各所で生じる脱水縮合により生じた水分子が蒸発することで及ぼされた質量変化だと予想される. この結果は, あご竹輪の原料がトビウオであり, とうふちくわの原料がとうふであることに由来しており, 豆腐の糖含有量が少ないことが影響を及ぼしたと言える．発表では，さらに多くの試料において同様の検討を行った結果について報告する.

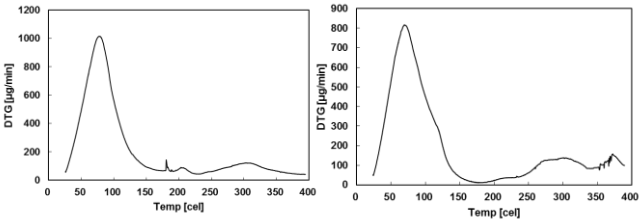


Fig4. 試料の DTG 測定結果(左：あご竹輪，右：とうふちくわ)

お問い合わせ先
氏名：谷藤尚貴
E-mail：tanifuji@yonago-k.ac.jp

G-16

2-ウンデシルイミダゾール/4-*n*-オクチルオキシ安息香酸二成分系におけるイオン伝導と分子構造

（米子高専物質工学科）
○紺本香織・田中　晋

キーワード：電解質、イオン伝導、分子集合体、交流インピーダンス、核磁気共鳴

１．緒言

現在燃料電池に利用されている高分子電解質ナフィオンは、水分利用して高いイオン伝導度を保っているため、100°C 以上では機能しない。高効率な発電を実現するためには、イオンが伝導しやすい高い温度域を利用した方が有利であるため、100°C 以上の中高温度域で動作する電解質の開発が盛んに行われている。本研究では、高温かつ無加湿条件で動作する電解質の開発を目的として、2-ウンデシルイミダゾール（以下 UI と略記）にプロトン供給源となる 4-*n*-オクチルオキシ安息香酸（以下 OB と略記）を添加した二成分系を作製し、イオン伝導度や分子構造を明らかにすることを目的とした。イミダゾールは窒素原子に結合したプロトンをバケツリレーのように分子間で受け渡していくことができる高効率な固体電解質である。UI や OB は長いアルキル鎖をもっているためラメラ型層状構造の分子集合体となりやすく、二次元的な水素結合ネットワークを利用したイオン伝導体の形成が期待できる。

２．実験

UI に OB を種々の濃度で混合し、エタノールに溶解させた後、窒素雰囲気下で溶媒を減圧留去して UI/OB 二成分系試料とした。これらの試料について DSC、XRD、IR スペクトル、^{1}H MAS NMR スペクトル、交流インピーダンススペクトルなどを測定した。なお、交流インピーダンス測定には、各二成分系試料の 25 g L^{-1} エタノール溶液をガラスフィルター（10×10×0.21 mm）に 300 μL 含浸させ、自然乾燥させたものを用いた。

３．結果および考察

UI/OB 二成分系における DSC 測定と肉眼観察より、UI の 73.6°C に見られた融点は OB を添加すると低温側へシフトし、UI と OB を重量比 5：5 で含む試料では 39.0°C まで低下した。

UI（10：0 試料）の XRD パターンに見られた層間隔 d＝28.6 Å をもつ層状構造は、OB を加えた 9：1–6：4 試料でも残ったが、同時にやや小さい層間隔 d'＝23.6 Å 程度をもつ新たな層状構造が共存することが分かった（図１）。

二成分系試料の交流インピーダンススペクトルから求めた電気伝導度 σ を図２に示す。試料が固体状態にある 60°C 付近の値を見ると、UI（10：0 試料）に OB を添加すると σ が増加していく傾向が見られ、6：4 試料では UI の約 100 倍の 6.0×10^{-6} Scm^{-1} となった。しかし、5：5 試料では、UI よりも低い値となった。XRD で見られた層間隔の狭い新たな層状構造の割合が増すほど σ も増加しており、UI と OB が会合して形成した層状構造に存在すると考えられる水素結合ネットワークがイオン伝導の向上に寄与していると言える。

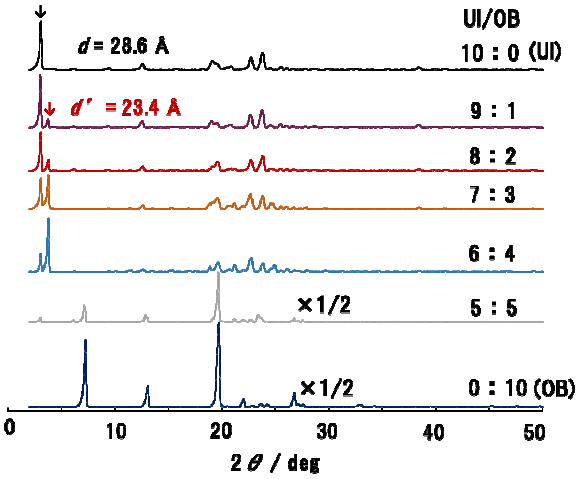


図１　UI/OB 二成分系における粉末 XRD パターン

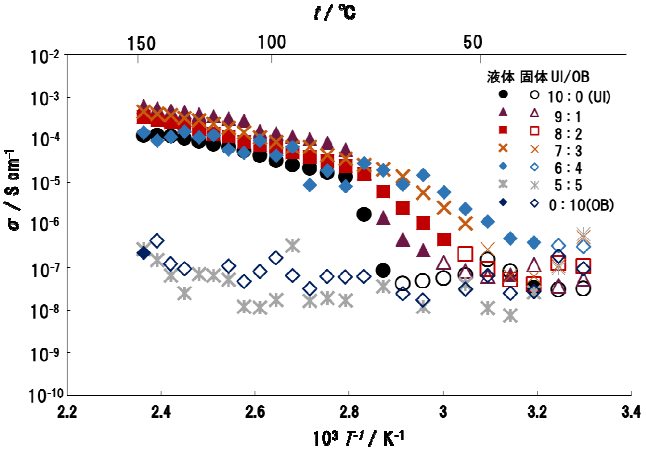


図２　二成分系 UI/OB における電気伝導度 σ

お問い合わせ先
氏名：田中　晋
E-mail：s-tanaka@yonago-k.ac.jp

G-17

パーフルオロボレイトを用いたウェットプロセスによる自立薄膜作製

（米子工業高等専門学校、物質工学科）
○Muhammad Fadhlil・田中 晋

キーワード：薄膜、Rotator 相、ラングミュア法

１．緒言

近年、固体電解質として柔粘性結晶やその一種である rotator 相といった固液中間層が注目されている。特に、rotator 相の中でも、棒状のイオンがラメら型の層状構造を形成しているものは、層の面に沿ってイオンが自己拡散しやすいといった異方性のある電解質となる。我々は、耐酸化性の高い新規 rotator 相化合物として、$C_{12}H_{25}N(CH_3)_3$［CF_3BF_3］(以下 C12N3CB と記す)を合成し、融点直下の温度域で rotator 相となることを明らかにした。また、これを 90℃以上の熱水上に滴下すると半透明な自立薄膜を形成できることを見出した（図１）。さらに、この薄膜は、C12N3CB 粉末と水を混合し、65℃以上に加熱することでも得られ、形成した薄膜を取り除いても新たな薄膜が再び形成される。そのため、本方法では、従来のラングミュア法による薄膜形成のように、原料を滴下して追加したり、膜圧の調査を行ったりする必要もなく、高効率な薄膜形成が可能となる。

この薄膜は、65℃以下の低温や無水条件になると崩壊してしまうことから、本研究では、C12N3CB に水を加えた二成分系試料（C12N3CB/水）について、薄膜の分子構造やメカニズムを明らかにすることを目的とした。

図１ C12N3CB の薄膜

２．実験

0.076 mol L^{-1} 塩化ドデシルトリメチルアンモニウム水溶液を陰イオン交換樹脂に通した後、0.034 mol L^{-1} トリフルオロメチルトリフルオロホウ酸を加えて中和し溶媒を減圧留法して白色粉末試料を得た。これらをベンゼン：THF(2:5)で再結晶し C12N3CB とした。また、これに水を加え二成分系試料 C12N3CB/H_2O とした。これらの試料について DSC、XRD、偏光顕微鏡観察、IR、^{1}H MAS NMR スペクトル測定を行った。

３．結果・考察

DSC 測定および肉眼観察から作成した C12N3CB/H_20 二成分系の相図を図 2 に示す。無水の C12N3CB で見られた 153℃の融点は、水を加えると低温側へ移動し、10 wt%以上では 80℃付近で一定となった。約 80℃以下において C12N3CB は水に難溶で、固体結晶と水が共存した状態にあった。一方、約 80℃以上で C12N3CB は水に溶解し、偏光顕微鏡観察から等方性液体になっていることを確認した。

水を 20 wt%含む二成分系試料の表面をカプトン膜で覆って測定した XRD パターンは、約 80℃以下では無水の固体結晶と同一のものとなった。約 80℃以上ではラメら型層状構造に相当するピークが観測されたが、これは、等方的液体表面上に形成された薄膜によるものと考えられる。

水を 21 wt%含む二成分系試料の 1H MAS NMR スペクトル（測定周波数 400 MHz, MAS 5 kH）の温度変化を図 3 に示す。0.9 ppm 付近には C12N3CB における陽イオン（$C12N3^+$）の疎水基側末端のプロトン、1.3 ppm 付近には親水基側のプロトンに帰属できる幅広いピークが見られ、等方性液体と薄膜が形成される 86℃ではそれらが先鋭化したところから、陽イオンの分子運動が激しくなったことが分かった。4.5 ppm 付近には、水分子のプロトンによるピークが見られたが、86℃では、低温のときと比べて著しくその面積が減少し、2.5 ppm 付近に新たなピークが出現した。このことから、水分子が $C12N3^+$ と新たな水素結合をつくることで薄膜が形成されていると考えられる。

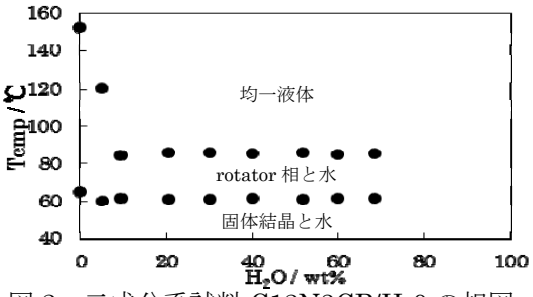


図２ 二成分系試料 C12N3CB/H_20 の相図

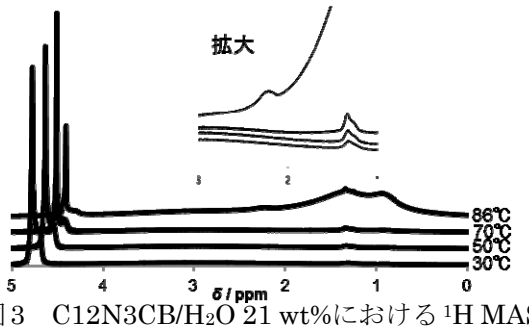


図３ C12N3CB/H_2O 21 wt%における ^{1}H MAS NMR スペクトル

お問い合わせ先
氏名：田中 晋
E-mail：s-tanaka@yonago-k.ac.jp

G-18

構造体コンクリート強度の評価手法に関する研究
～コアの採取方向が強度に与える影響～

（米子高専専攻科建築学専攻[1]、米子高専建築学科[2]）
○砂原香菜栄[1]・玉井孝幸[2]

キーワード：圧縮強度、コア供試体、採取方向、補正値、建物評価

１．はじめに

現在の建築物は高寿命化が進み、既存の建設ストックを活用する傾向にある。しかし、1973 年以前の建物は構造性能の確保のため、耐震診断・補強調査が必須であり、構造体コンクリート強度、その調査方法及び試験方法が重要となる。ここで、柱は重要な部位であるが、実際は過密配筋のため梁・壁・床から採取しているのが現実である。

本研究は、水セメント比別に打込み方向に対して平行･直角に採取したコア供試体が圧縮強度に及ぼす影響について、考察したものである。

２．実験概要

(1)　使用材料及び調合

材料の産地の特徴は山陰両県で多く使用されている風化花崗岩による加工砂を用いていることであるが、形状が四角く、角ばり、微粒分が少なく、細骨材としては良いとは言えない。

試験体には、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比 35・45・65%の 3 水準(C/W で 2.9・2.2・1.5)、スランプ 18cm、空気量 4.5%とした。

(2)　模擬試験体

本実験での試験体は柱 1m 角、梁 420×840mm、壁厚 210mm、床厚 210mm とした。打込日は 2010 年 6 月 19 日･8 月 21 日、2011 年 1 月 29 日、2012 年 6 月 30 日、2013 年 6 月 15 日であった。脱型は、打込み 7 日後に行い、暴露し、特別な養生は行わなかった。

(3)　コア供試体の準備及び圧縮試験

コアは JIS A 1107 コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法によって採取した。採取したコアは、供試体の高さと直径との比が 2.00 となるようにした。

(4)　強度比較の条件

比較は、横抜きコア 1 本の平均と同一打込み高さである隣り合う縦抜きコアの平均を比較し、次式により整理した。

$$縦横強度比 = \frac{コア採取方向横抜き圧縮強度}{コア採取方向縦抜き圧縮強度}$$

３．実験結果

全実験結果を図 1 に示す。

柱・梁・壁床における平均強度比は壁床の W/C=35%を除けばほぼ同じ強度比であった。よって、強度比は部材の寸法などに依存せず、水セメント比が影響していることがわかった。

強度は採取方向を縦とした方が大きくなる傾向にあった。強度比は中強度 45%が低くなり、縦抜きと横抜きの強度にほとんど差はなかった。

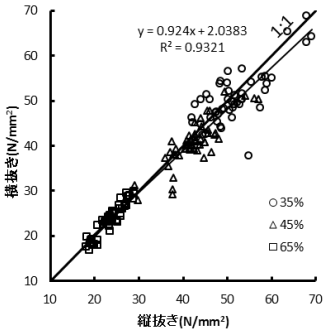


図 1　コアの採取方向が圧縮強度に及ぼす影響

よって、JASS5 の一般規程強度(W/C =65%以下、Fc=36 N/mm² 以下)コア強度 24N/mm² 以上のコンクリートでは、採取方向による補正が必要であり、診断を行う際に考慮すべきである。

４．構造体コンクリート強度の補正値の提案

本実験より、コア採取方向による補正値の提案を表 1、強度比とコア強度の関係を図 2 に示す。

表 1　採取方向による補正値の提案

コア強度 (N/mm²)	15	20	25	30	35	40	45	50	60
強度比	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.90	0.95	1.00	1.00

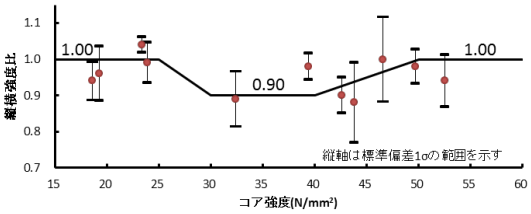


図 2　採取方向による強度比とコア強度の関係

５．まとめ

1)　同一水セメント比において試験体の寸法による強度比の影響はない。

2)　低強度(25N/mm² 以下)及び高強度(50N/mm² 以上)では補正値を考慮する必要はない。

3)　中強度(25～40N/mm²)では 10%程度補正値を考慮すべきである。

お問い合わせ先
氏名：砂原香菜栄
E-mail：s14904sk@gmail.com

G-19

応力場を考慮した構造体コンクリートの耐久性評価に関する一考察

（仙台高専 生産システムデザイン工学専攻[1]，建築デザイン学科[2]）
○野村広道[1]・工藤めい[2]・権代由範[2]

キーワード：コンクリート，耐久性，応力場，中性化，スケーリング

1. はじめに

構造体コンクリートは，自重や外力等の応力が常時作用する環境下に曝されている。コンクリートの耐久性を厳密に評価しようとする場合，これら応力の影響は無視できない。しかし，供試体を用いた室内実験から得られる諸評価値は実環境下における応力を考慮しておらず，また，それを考慮した研究も極めて少ないのが現状である。

本論では，応力場を考慮したコンクリートの劣化促進試験を実施し，実環境におけるコンクリートの定量的な耐久性評価手法について検討する。

2. 実験概要

2.1 供試体作製および養生方法

Table.1 に調合と材齢 28 日における圧縮強度を示す。供試体は 100×40×400mm の平板形状として打ち込み，材齢 2 日に脱型を行った。脱型後は 1 週間の標準養生（20℃・水中）を行い，以降は気中養生（20℃・60%RH）とした。養生修了後，各耐久性試験用として 100×100×40mm に成形した。

2.2 試験項目および試験方法

室内試験において実構造物の応力状態を再現するため「応力導入載荷フレーム（Fig.1）」を製作し，これにより載荷状態を保持した供試体について、促進中性化試験［JIS A 1152・JIS A 1153］及びスケーリング試験［RILEM-CDF[2)]］を実施した。ここで，供試体に導入する応力を定量的に示す為，最大圧縮応力 σc（N/mm^2）に対する導入応力 fc の割合を応力強度比（$fc/\sigma c$）と定義し，供試体にはそれぞれ $fc/\sigma c$=0，20，40，60%の応力を導入した。

3. 実験結果および考察

Fig.2 に中性化試験の結果を示す。応力強度比の増加に伴い中性化深さも増加する傾向が確認できる。Fig.3 及び Fig.4 に各応力強度比におけるスケーリング量を示す。$fc/\sigma c$=60%のスケーリング量が最も多く，fc/σc=20%においては fc/σc=0%よりもスケーリング量が減少する傾向を示した。中性化とスケーリングでは，劣化因子が気相か液相かという違いがあるが，導入応力の違いによって内部構造が変化し、これら劣化因子の浸透・拡散の機構に影響を及ぼしたものと推察される。

本実験より $fc/\sigma c$=20%付近に劣化の進行が抑えられる特異点が存在する可能性を見出した。しかし，中性化試験においては同様の傾向は得られず，今後，細孔構造等の検証により本事象を解明する。

Table1. Concrete compositions and 28days Comp. strength

W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	Unit contents (kg/m^3)					
			W	C	S_1	S_2	G	AD
55	4	45.1	174	322	627	162	1007	3.22(g)

Average of Compressive Strength: 39.1 (N/mm^2)

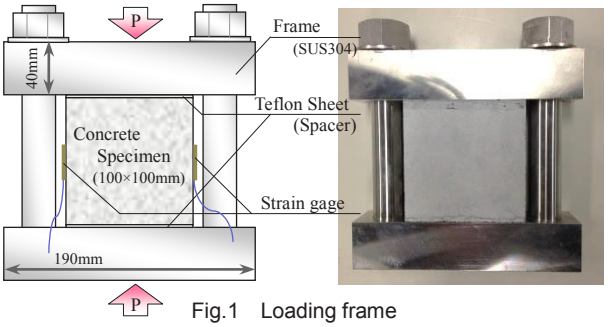


Fig.1 Loading frame

参考文献：

1) Reinforced concrete on Carbonation or Chloride Penetration, Cement Concrete Research,Vol.18, pp.961-970, 1988
2) 権代由範ほか：塩化物環境下におけるコンクリートのスケーリング抵抗性評価試験の簡易化に関する研究、コンクリート工学論文 Vol.21,No.2,pp.45-56,2010

お問い合わせ先
氏名：権代由範
E-mail：gondai@sendai-nct.ac.jp

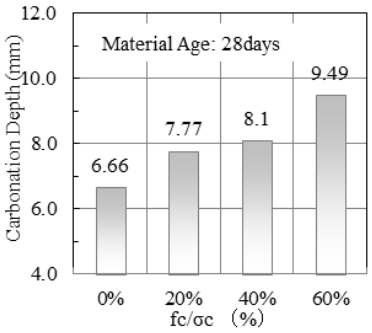


Fig.2 fc/σc and Carbonation Depth

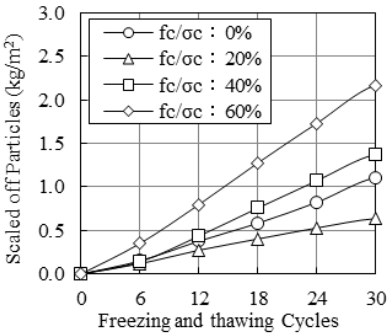


Fig.3 F-T Cycles and Scaled off Particles

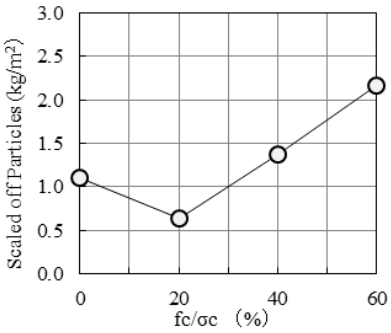


Fig.4 fc/σc and Scaled off Particles

G-20

繊維補強セメント系材料の基礎物性および耐久性能評価に関する検討

（仙台高専 生産システムデザイン工学専攻[1]、建築デザイン学科[2]）
○佐藤 裕[1]・権代 由範[2]

キーワード：繊維補強セメント系材料(FRCC)・自己治癒・透気性指標値・耐凍害性

1. 緒言

近年、コンクリートの高靭性化を目的に繊維補強セメント系材料（FRCC）に関する検討が活発になされ、その力学的特性や自己治癒現象等について多くの報告がなされている[1)]。本研究では、物性の異なる複数種の繊維(二種類の鋼繊維とミクロンサイズの鉱物繊維)を高強度マトリックスに混入し、それぞれの繊維の相互作用による複合効果を期待したハイブリット型繊維補強セメント系材料(以下、HFRCC と略記。)を作製し、その力学的特性や自己治癒性能について検証した。また、塩化物環境下における耐凍害性試験を実施し、寒冷地を想定した実環境における耐久性能評価を実施した。

2. 実験概要

表１に本研究で用いた１バッチ(8 リットル)の実施調合を示す。本研究では、透気試験および凍結融解試験[2)]として 150×150×75mm の平板供試体試、曲げ試験および動弾性係数測定用として 40×40×160mm の角柱供試体を作製し、各種試験を実施した。

3. 結果および考察

1) 本研究で作製した HFRCC は、セメントの強さ試験で用いられるモルタルと比べ圧縮強度、曲げ強度ともに増大した。これは、水セメント比を大幅に低下させて高強度化を図ったことに加え、混入した各種繊維の架橋効果によるマトリックスの拘束が高靭性化に寄与したためと考えられる。
2) 繰り返し載荷により微細ひび割れを導入した後、各種養生を実施することで相対弾性係数の回復が見られた。これは未水和セメントに起因する自己治癒現象であると推察される。また、養生条件を屋外暴露とした場合においても自己治癒現象が確認できた。これにより、HFRCC を実構造物に適用した場合でも自己治癒性能が発揮される可能性が示唆された。
3) 透気性指標値と相対動弾性係数を比較した場合、ある程度の相関性が得られる様相を示した。今後のデータの蓄積により、現場における HFRCC の強度推定を透気試験より実施できる可能性が示唆された。
4) HFRCC は各種繊維の架橋効果により、塩化物環境下における凍結融解作用を受けた場合においても、ほぼスケーリングの発生が見られなかった。繰り返し載荷により微細ひび割れを導入した場合においてもスケーリング量の増加は若干に止まった。

表１ 調合表

SFCS*	S*	Wo*	W*	SP*	Ad*	OL*	HDR*
11922.5	4172.9	1549.9	1554.7	116.9	238.5	634.3	1566.7

* SFCS：シリカフューム混合セメント、S：細骨材、Wo：ワラストナイト、W：練り混ぜ水、SP：消泡剤、Ad：減水剤、OL：フック加工鋼繊維、HDR：ストレート繊維

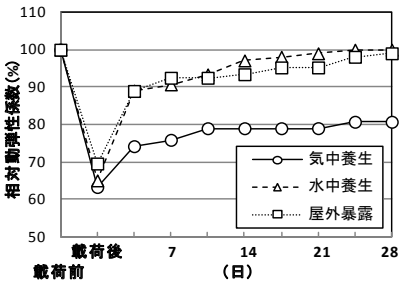


図１ 各種養生条件における相対動弾性係数

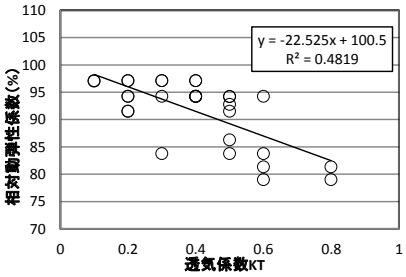


図２ 透気性指標値と相対動弾性係数

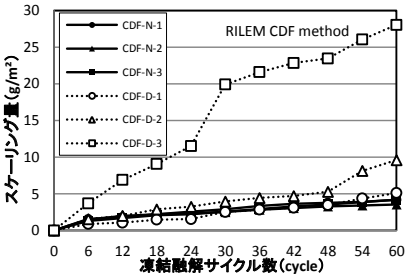


図３ 凍結融解サイクル数とスケーリング量

参考文献：

1) 西脇智哉 ほか：合成繊維を用いた FRCC のひび割れ自己修復現象にかんする実験的検討,セメント系材料の自己治癒に関するシンポジウム,pp179-182(2011)
2) 権代由範 ほか：塩化物環境下におけるスケーリング抵抗性の評価試験法に関する基礎的研究,コンクリート工学論文集,Vol.20,No1,pp.59-70(2009)

お問い合わせ先
氏名：権代 由範
E-mail：gondai@sendai-nct.ac.jp

G-21

問題発見ツールを利用した子供向けWSの実践とその効果について

（明石高専専攻科建築・都市システム工学専攻[1]、明石高専建築学科[2]）
○梅宮良輔[1]・水島あかね[2]

キーワード：住教育、まちづくり、子供、ワークショップ、問題発見ツール

１．研究背景

今日の日本の教育現場の方針の一つとして、子供たちの課題発見能力やコミュニケーション能力などを伸ばすプログラムの充実化がある。これらの能力は、従来の受動的な学びでは身に付きにくいため、子供たちの主体的な学びを誘発することが重要である。また、普段生活しているまちには多くの危険・不便な点が存在する。しかし、子供たちにはそういった問題点に対する経験が乏しく、住環境について考える機会も少ないため、それらを認知できずに過ごし、さらなる危険へと繋がることも多い。

そこで、まちにどのような問題点が存在するのかを、カードゲーム形式で発見し、考えるためのツール「まちカードばとる！！」を開発した。

２．研究方法および研究目的

開発したツールを用いて実施したワークショップの結果と、その後のヒアリング調査やアンケート調査によりツールの効果と課題について検証することを目的とする。また、ワークショップ中に子供たちが発見した、まちの問題点を整理し、今後の住教育において活用できる資料を作製する。本稿では、ワークショップの結果をもとにその効果について報告する。

３．ワークショップの実施

平成26年8月30日と31日に東京都の青山学院大学で開催されたワークショップコレクション10(注1)にて、表1のタイムスケジュールで2～4人を1組として約220人の子供を対象にツールを用いたワークショップを実施した。参加した子供の年齢層は主に4歳～12歳で、年齢の低い子供は保護者同伴とした。

表1：ワークショップのタイムスケジュール

趣旨説明	3分
ルール説明	3分
1回目	8分
ルール説明	3分
2回目	8分
アンケート	5分
計	30分

４．ヒアリングおよびアンケート調査

ワークショップの参加者を対象にツールの効果および課題を検証するためのヒアリング調査とアンケート調査を実施した。

ヒアリング調査では、保護者から「家庭学習として住教育をおこなうことは難しいためこのようなツールがあると非常に助かる」、「家の外にどのような危険があるのか、教える前に子供たち自身が気づくことができた」といった意見が得られた。一方で、「1組の人数が多いほどいろいろな考えが聞けて良い、また会話が弾む」といった意見も得られた。

アンケート調査では、「問題を発見することが難しかった」と59%の子供たちが答えていた。また「相手に自分の意見を伝えることが難しかった」と答えた子供たちは29%だった。

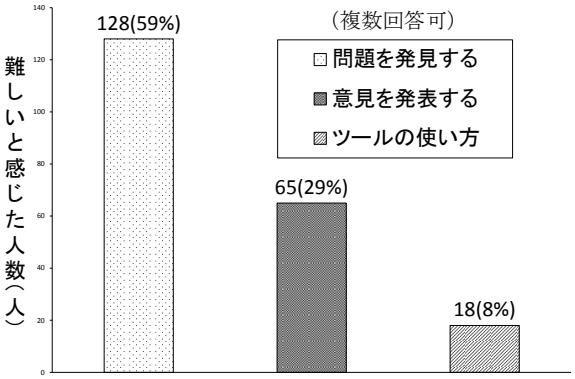


図1：まちカードばとる！！の難しかった点

５．まとめ

まちカードばとる！！を用いたワークショップにおける子供の問題発見は、年齢が高くなるにつれて様々な状況を想像し、人の身体的特徴や道具の特性などを上手く組み合わせる傾向があった。また、どのような年齢でも子供自身がまちで起こり得る問題点を物語のように順序立てて話すことができることが分かった。

ツールの課題としては、ゲームをおこなう際の最適人数を検討することが挙げられる。

(注1)ワークショップコレクション10, http://wsc.or.jp/

お問い合わせ先
氏名：水島あかね
E-mail：akane@akashi.ac.jp

G-22 初期空気量の違いがコンクリートの耐凍害性に与える影響

（高知高専専攻科建設工学専攻[1]、高知高専環境都市デザイン工学科[2]、
大和生コンクリート工業(株)[3]、大阪ガス株式会社[4]）
○福冨隼人[1]・横井克則[2]・原田隆敏[3]・濱田一宏[4]

キーワード：耐凍害性、初期空気量、振動締固め、気泡組織

1. 緒言

コンクリートの劣化の一つである凍害に対する抵抗性を耐凍害性と呼ぶ。コンクリートの耐凍害性を確保するためには、コンクリート中の気泡が重要であり、一般的に空気量が 4%程度必要であるとされている。しかし、それらの空気量は配合や使用材料の違い、さらにはコンクリートの締固めによっても変化するため、耐凍害性の発現に影響を与えることが考えられる。本研究では、初期空気量などの各条件がコンクリートの耐凍害性に与える影響を調査するために凍結融解試験を実施した。また、凍結融解試験後の供試体にて気泡組織測定試験を行い、気泡組織と耐凍害性の関係について確認した。

2. 実験概要

使用材料として、セメントは高炉セメント(C)およびフライアッシュⅡ種(FA)をセメント置換材として使用した。細骨材は石灰石砕砂(S1)、海砂(S2)を使用し、粗骨材は石灰石砕石 1505 および 2010(G1、G2)を使用した。配合を表 1 に示す。配合は、FA 無混和(Ⅰ)と混和(Ⅱ)による影響、スランプ値の違いによる影響(Ⅲ)、AE 調整剤の使用量による影響(Ⅳ～Ⅵ)を検討するため計 6 配合とした。また、すべての配合においてバイブレータによる振動締固めを行い、初期空気量を減少させた供試体を作製した。さらに供試体は通常の角柱供試体の 2 倍の高さのものを高さ方向で 2 等分し、それぞれを供試体とした。

3. 実験結果

3.1 耐凍害性

図 1 に凍結融解 300 サイクル時の相対動弾性係数と初期空気量の関係を示す。シリーズⅠとⅡについては、空気量が 3%以下の場合に耐凍害性が低下し、シリーズⅠに比べ、FA を混和したシリーズⅡの相対動弾性係数が上回った。これは、FA の混和により材料が分散し連行される空気が細かくなったと考えられる。スランプ値の大きいシリーズⅢでは、すべての供試体で相対動弾性係数は 90%以上を示した。シリーズⅣ～Ⅵでは、AE 調整剤の使用量が減少するにつれて耐凍害性が低下することが確認できた。また、コンクリート上部と下部では、下部の相対動弾性係数の低下が顕著となることが確認できた。

表 1　配合表

シリーズ	W/C W/B (%)	スランプ値 (cm)	s/a (%)	単位量 (kg/m³) W	C	FA	S1 砕砂	S2 海砂	G1 1505	G2 2010	AD	AE
Ⅰ	60	8	46.8	152	253	-	621	266	465	568	2.53	1.52
Ⅱ				150	225	25	622				2.25	2.50
Ⅲ		18	49.7	172	287	-	638	274	422	514	3.16	1.44
Ⅳ		8	46.6	152	253	-	622	266	465	568	2.78	1.52
Ⅴ												0.51
Ⅵ											2.53	-

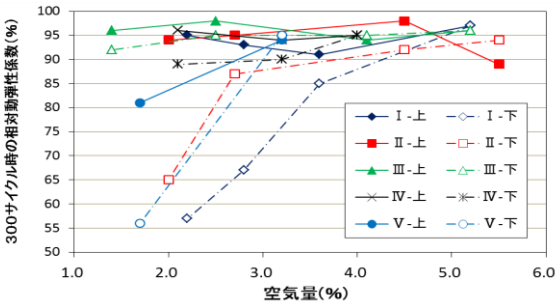


図 1　凍結融解試験の結果

3.2 気泡組織

図 2 に気泡組織の測定結果を示す。供試体下部の相対動弾性係数が低下している配合では、上部と比べ、気泡間隔係数が大きくなる傾向が確認できた。また、凍結融解試験 120 サイクルで測定不能となったシリーズⅥは他の配合に比べ気泡間隔係数が大きいことを確認した。

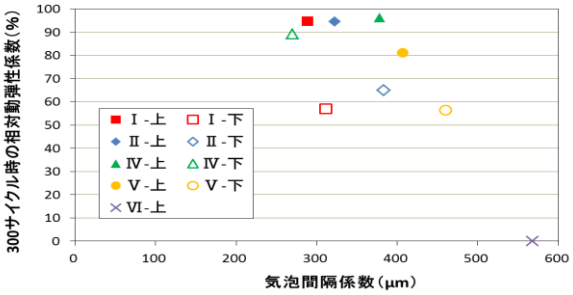


図 2　気泡組織測定試験の結果

4. 結言

1)供試体下部において、初期空気量が 3%以下になると耐凍害性は低下の傾向を示した。
2)相対動弾性係数が低下した配合の気泡間隔係数は大きい傾向がみられた。

お問い合わせ先
氏名：福冨隼人
E-mail： s1422@gm.kochi-ct.jp

G-23

使用材料の違いによる建設汚泥固化物を一部細骨材置換したコンクリートの性状

（高知高専専攻科建設工学専攻[1]、高知高専環境都市デザイン工学科[2]、徳島大学大学院[3]、宮崎基礎建設（株）[4]）

○芝卓思[1]・横井克則[2]・甲把浩基[3]・宮崎健治[4]

キーワード：建設汚泥固化物、細骨材置換、フライアッシュ、高性能 AE 減水剤、耐久性

１．諸言

建設汚泥の有効利用と天然骨材の保護という現状から、建設汚泥と高炉セメントを混ぜて固化させ破砕したものを建設汚泥固化物とし、コンクリート用の細骨材としての利用を目的としている。本研究では、建設汚泥固化物の細骨材置換率を 30 %に固定し、さらに、フライアッシュも細骨材置換として用いた。また、セメントや混和剤の違いによる比較・検討を行った。

２．実験概要

表 1 に配合表を示す。セメントは普通セメントと高炉セメントを使用した。減水剤には AE 減水剤と高性能 AE 減水剤を使用した。フライアッシュ(FA)はⅡ種を使用した。骨材は高知市春野町産を使用し、細骨材は硬質砂岩砕砂、粗骨材は硬質砂岩砕石を使用した。建設汚泥固化物(K)は製造後約 3 年が経過しているものを使用した。試験方法として、フレッシュコンクリート試験は、スランプ、空気量試験を行った。硬化コンクリート試験は、圧縮・曲げ・引張強度試験、静弾・動弾性係数試験、長さ変化試験、凍結融解試験 A 法、促進中性化試験を行った。本概要では圧縮強度、長さ変化についての試験結果及び考察を示す。

表 1　コンクリートの配合表

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)							混和剤(cc/m³)		
			W	C	細骨材			粗骨材				
					砕砂	K	FA	砕石		AE減水剤	高性能AE減水剤	AE調整剤
NK30	55	38	160	291	481	150	-	1125		655	-	14.54
BK30					478	149		1119				
NK30FA10					412	150	60	1125				23.27
BK30FA10					410	149		1119				
SNK30			150	273	492	153	-	1150		-	5455	13.63
SBK30					489	152		1145				
SNK30FA10			145	264	426	155	62	1163			5273	21.09
SBK30FA10					424	154		1158				

３．試験結果

3.1　圧縮強度

図 1 に圧縮強度を示す。圧縮強度は材齢 7 日では普通セメントの方が大きいが、材齢 28 日以降ではセメントの種類による影響は小さくなった。これは、高炉セメントの潜在水硬性により、強度が増加したためであると考えられる。また、高性能 AE 減水剤の使用により、AE 減水剤よりも単位水量が小さくなることで、ブリーディング等による品質への悪影響が小さくなり強度が増加したと考えられる。さらに、フライアッシュを混入することで、ポゾラン反応による長期強度の増加も確認できた。

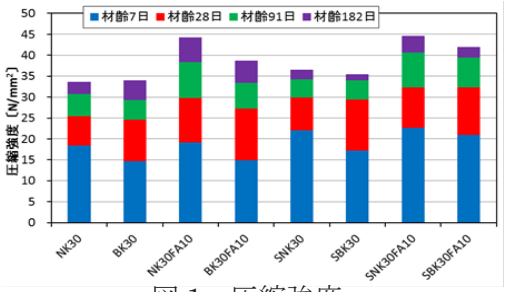


図 1　圧縮強度

3.2　長さ変化

図 2 に長さ変化を示す。長さ変化は高炉セメントを使用したすべての配合で小さくなった。これは、高炉セメントの潜在水硬性により、コンクリートの内部が緻密化されたとためであると考えられる。また、混和剤の種類及びフライアッシュ混入による影響は小さかった。

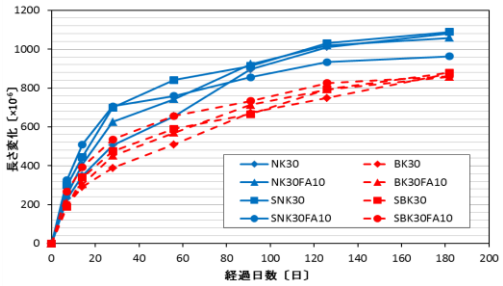


図 2　長さ変化

4.　結言

1)圧縮強度に関しては、フライアッシュの混入や高性能 AE 減水剤の使用が良いと考えられる。
2)長さ変化に関しては、高炉セメントの使用が良いと考えられる。

お問い合わせ先
氏名：芝卓思
E-mail：s1519@kochi-ct.jp

高知高専型動的一面せん断試験機の開発

G-24

（高知高専専攻科建設工学専攻[1]、高知高専環境都市デザイン工学科[2]、
徳島大学名誉教授[3]）
○土居翔太[1]・岡林宏二郎[2]・望月秋利[3]

キーワード：、高知高専型一面せん断試験機、定圧試験

１．諸言

近年，液状化による被害が多発し構造物を設計するためにも正確な強度定数（ｃ，φ）を求める必要がでてきた．強度定数を求める試験として一般的に三軸試験が用いられてきた．しかし，供試体の作成が難しく，試験結果にバラツキが生じやすい等の問題点が指摘されている．

本研究では，新型の一面せん断試験機を開発し，それらの問題を解消する．垂直応力を正確に測定できるようにした低応力・高精度型（高知高専型）一面せん断試験機を用いて，一面せん断定圧試験を行い，本試験機の特徴である定応力条件での試験の妥当性の検討を行った．しかし，低応力になると制御時のタイムラグにより圧密応力のバラツキが出る問題が発生した．バラツキを減少させるため，ゴムシートを用いて問題解決を図った．

２．高知高専型一面せん断試験

図１に高知高専型一面せん断試験機を示す．本試験機は「繰返し・定体積せん断試験」機構，「ダブルジャッキ型・定圧試験」機構を備えており，液状化試験，正確な定圧試験を簡単に実施できると期待される．

３．定圧試験方法

一般の一面せん断試験による定圧試験に沿って行う．２か所ある反力垂直荷重計にゴム板をそれぞれ１枚ずつ挟み込むことにより，荷重の変動吸収効果を得る実験を行った．「ゴム板無し」と「ゴム板有り」の比較を行う．表１に試験条件を示す．

４．試験結果

図２に間隙比0.84の圧密応力100kPaのゴム板無しとゴム板有りを示す．それぞれバラツキがあることがわかるがゴム板無しと有りを比較するとゴム板を入れることで全体的にバラツキを小さく抑えられていることがわかる．図３に間隙比0.84ゴム板の有無の強度定数ϕ_dを示す．間隙比 0.84 はϕ_d＝34.9°及び 35.7°となり，ゴム板を入れることでϕ_dは少し大きくなった．

５．　結言

ゴム板を用いることで定圧試験の圧密過程に対して，ゴム板による有用性が期待できる．ゴム板の有無における強度定数はほぼ近い値となったがゴム板を用いた方がより信頼性が向上した．

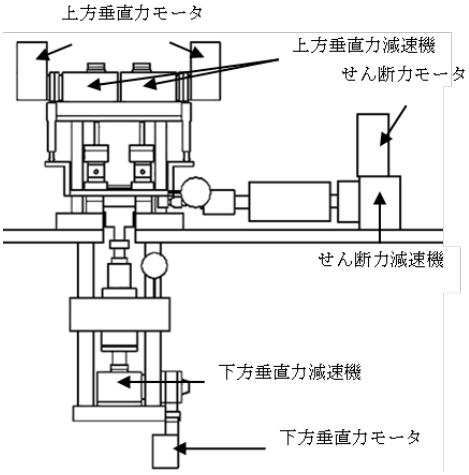


図１　高知高専型一面せん断試験機

表１　試験条件

項目	条件
供試体寸法(mm)	φ60×H20
試料名	豊浦砂
試料状態	絶乾状態
含水比（%）	0
間隙比	0.84
圧密応力（kPa）	50, 100, 150, 200

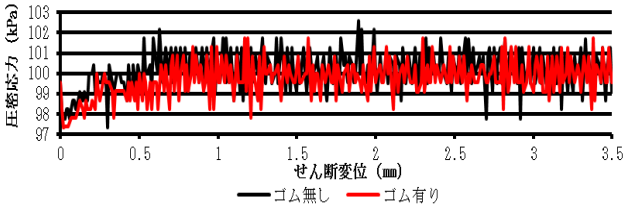


図２　圧密応力の変化（間隙比＝0.84）

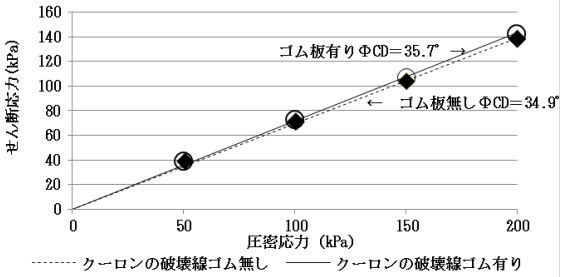


図３　強度定数（間隙比＝0.84）

お問い合わせ先
氏名：土居翔太
E-mail：s1421@gm.kochi-ct.jp