

G-1 高圧下における YbPd の電気抵抗・熱膨張測定

九大院理^A, 東大物性研^B 杉島 正樹^A, 光田 暁弘^A, 宮川 英典^A, 中野 智仁^A, 巨海 玄道^A, 和田 裕文^A, 松林 和幸^B, 上床 美也^B

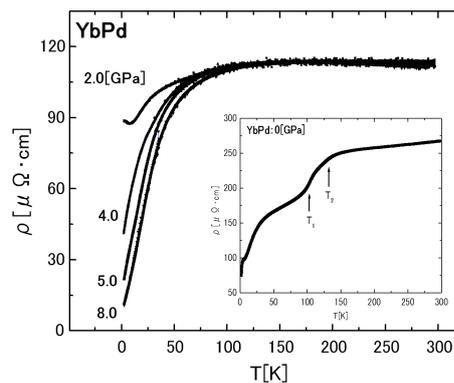
立方晶 CsCl 型構造をもつ YbPd は $T=0.5, 2.0, 105, 125$ K で相転移を示すことが報告されている [1]。Bonville らは ^{170}Yb メスbauer 効果の測定を低温で行い、磁性的と非磁性的な Yb がほぼ 1:1 で共存すること、磁性的な Yb は 2.0K で磁気秩序を示すことを明らかにした。さらに、このような 2 種類の Yb の共存の原因として電荷秩序の可能性を指摘している [2]。我々は $T_1=105\text{K}$, $T_2=125\text{K}$ の相転移が電荷秩序に起因するものではないかと推測し、圧力効果の研究を行ってきた [3]。電気抵抗測定から、これらの相転移が圧力で低温へシフトし、1.9GPa 以上ではほぼ消失すると報告した。今回は圧力下で熱膨張を測定し、更に高い圧力で電気抵抗測定を行った。熱膨張測定により T_2 も加圧とともに低温側へシフトし、異常が小さくなっていくことが明らかになった。また、電気

抵抗測定からは 3GPa 以上の高圧下では価数揺動状態が低温まで安定化し、磁気秩序が消失することがわかった。

[1] R. Pott et al., Phys. Rev. Lett. 54 (1985) 481

[2] P. Bonville et al., Phys. Rev. Lett. 57 (1986) 2733

[3] 山田健二他:日本物理学会 2007 秋季大会講演 22pPSB-54

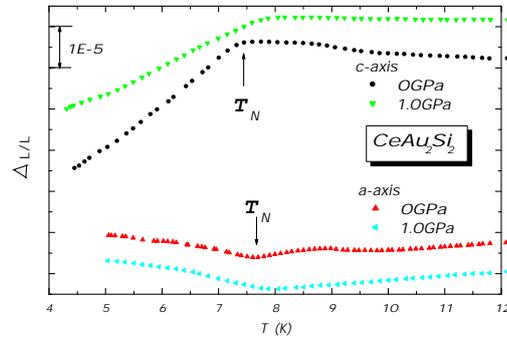


G-2 CeAu₂Si₂ の高圧下における磁気特性

九州大学理学府^A, 九州大学理学研究院^B, 東北大学理学部^C, 東北大学金属研究所^D, 東京大学物性研究所^E, 東北大学極低温科学センター^F 酒井久美子^A, 大村美央^A, 中野智仁^B, 上床美也^E, 松林和幸^E, 青木晴善^C, 松本裕司^C, 小松原武美^F, 佐藤伊佐務^D, 巨海玄道^B

CeAu₂Si₂ は、ThCr₂Si₂ 型の結晶構造を持ち、常圧下約 8 K (= T_N) で反強磁性秩序を示す高濃度近藤化合物である。Ce の磁気モーメントは T_N 以下で c 軸に平行に反強磁性配列している。これまで、高圧下における電気抵抗の測定から、 T_N は高圧下で消失すると報告されている。常圧下では、反強磁性転移に伴い抵抗は hump 型異常を示す。これは転移に伴いバンドギャップができることによるものと考えられている。本研究では、CeAu₂Si₂ 単結晶を用いて高圧下熱膨張測定を行うことにより、反強磁性転移に伴う長さの変化を調べた。測定は 2 ゲージ法を用い、ピストンシリンダー型圧力発生装置で 2.7GPa までの圧力範囲で行った。その結果を図に示す。反強

磁性転移に伴い、c 軸は収縮し、a 軸は膨張するという結果が得られた。これは反強磁性において一般に見られる性質である。この転移を示す温度は 1GPa 付近でピークを持ち、その後減少した。詳細な解析は、当日報告する。



G-3 CePtSi₂ の圧力下輸送特性

九大院理^A, 金沢大工^B, 東大物性研^C 中野智仁^A, 大橋政司^B, 松林和幸^C, 上床美也^C, 巨海玄道^A

電子比熱係数 $\gamma = 600$ mJ/molK² を持つ高濃度近藤化合物 CePtSi₂ は、 $T_N = 2$ K で反強磁性を示す [1]. 結晶構造は斜方晶 CeNiGe₂ 型 (空間群:Cmcm) である。電気抵抗は $T_2 = 23$ K と $T_1 = 7$ K で極大値を示す [2]. これらは、近藤効果と結晶電場の相互作用による Ce 近藤化合物の特徴的な性質として知られている。巨海らは圧力下の測定から T_1 と T_2 は 2 GPa 近傍でマージすることを報告した [2]. 同様な現象は圧力誘起超伝導を示す CeCu₂(Ge,Si)₂ でも報告されている [3]. 今回、我々は T_1 , T_2 と圧力誘起量子相の関係性を調べるため CePtSi₂ 多結晶試料に対して圧力下電気抵抗測定を希釈冷凍機を用いて行った。圧力発生には NiCrAl-CuBe ハイブリッド型圧力セルを用いた。その結果、今回用いた試料では 1 GPa 近傍で T_1 , T_2 がマージしたが、反強磁性も同様の圧力で消失した。本講演で詳しい結果を報告する。

[1] C. Geibel *et al.*, J. Magn. Magn. Mater. 108, 207 (1992).

[2] G. Oomi *et al.*, J. Alloys Compd. 207, 278 (1994).

[3] A. T. Holmes *et al.*, Phys. Rev. B 69, 024508 (2004).

G-4 層状 FeAs 系超伝導物質の磁性と置換効果

九大院理^A, 新潟大理^B, 新潟大院自然^C, 物材機構^D 荒岡 信隆^A, 光田 暁弘^A, 和田 裕文^A, 山田 裕^B, 石川 文洋^C, 小澤 忠^D

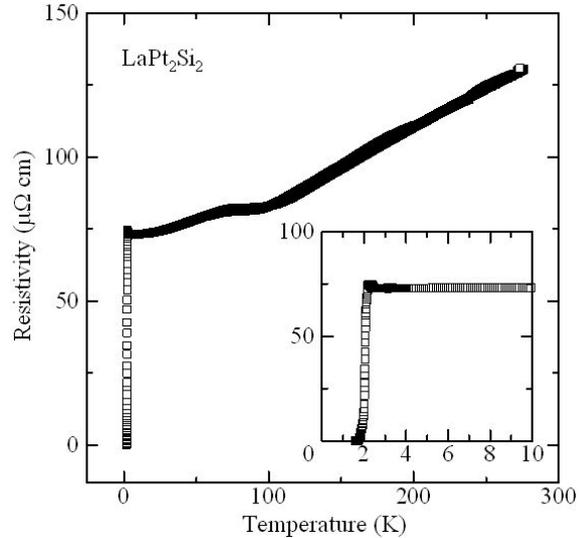
近年、LaFeAsO に F をドーブすることで $T_C=26\text{K}$ の超伝導を示すことが発見された。また ThCr₂Si₂ 型構造の (Ba_{1-x}K_x)Fe₂As₂ は $T_C=38\text{K}$ の超伝導転移を示している。これらの物質では FeAs 層が電気伝導と超伝導を担っていると考えられている。

本研究では、同様の層構造を持つ超伝導物質を探索した。図に示すように、CaBe₂Ge₂ 型の LaPt₂Si₂ において 2.2K にて超伝導転移を起こすことを発見した。この T_C は LaPd₂Si₂、LaRh₂Si₂ の $T_C(0.1\sim 0.4\text{K})$ に比べて、かなり高い。更に、3 価の La を 2 価の Ba 等で置換することで超伝導転移の変化を検証した。

試料はアーク炉で作製した。電気抵抗測定は交流四端子法にて行い、引き抜き法により磁化を測定した。

[1]Y.Kamihara *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* **130**,3296(2008).

[2]N.Ni *et al.* *arXiv*:0806.1874

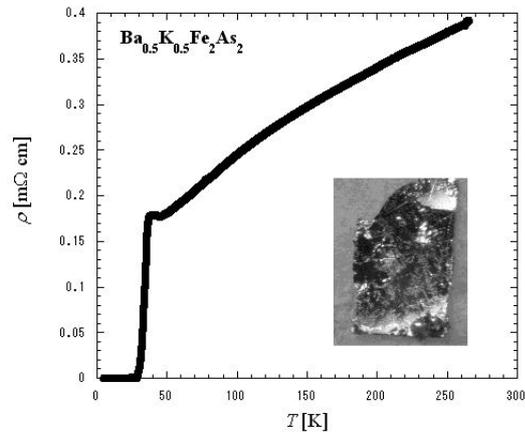


G-5 AFe₂As₂ (A=Ba,Ca,Eu) の単結晶育成と磁性

九大院理^A, 新潟大理^B, 新潟大院自然^C, 物材機構^D 的場 智広^A, 光田 暁弘^A, 和田 裕文^A, 山田 祐^B, 石川 文洋^C, 小澤 忠^D

近年、LaFeAsO に F をドーブをすることで $T_C=26\text{K}$ で超伝導転移が起こることが発見された [1]。また、同様の FeAs 層を持つ ThCr₂Si₂ 型構造の BaFe₂As₂ でも K をドーブすることで $T_C=35\text{K}$ で超伝導転移が起こることが発見された [2]。今回我々は AFe₂As₂ (A=Ba,Ca,Eu) 系に注目し、単結晶育成と超伝導の検証を行った。試料作製はフラックス法により行い、図のような単結晶の育成に成功した。交流四端子法で電気抵抗率測定、引き抜き法で磁化率測定を行った。Ba_{0.5}K_{0.5}Fe₂As₂ では図のように $T_C=38\text{K}$ で超伝導が見られ、報告されているものと同様の結果が得られた。

[2]N.Ni *et al.* *arXiv*:0806.1874



[1]Y.Kamihara *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* **130**,3296(2008).

G-6 DCスパッタ法により in situ 成膜させた YBCO 薄膜の作製と評価

熊本大学大学院自然科学研究科^A, 物質・材料研究機構^B 竹下賢^A, 岡澤智樹^A, 櫻井宏紀^A, 児玉進也^A, 小牧伸伍^A, 市川聡夫^A, 牧瀬圭正^B

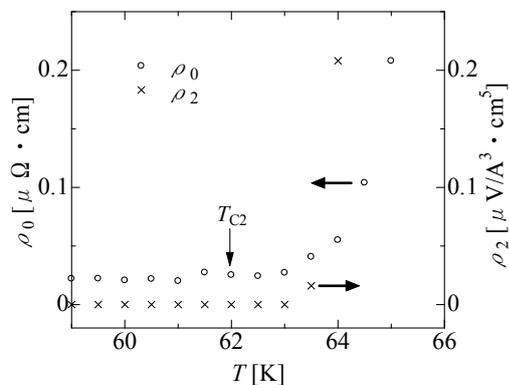
2次元超伝導薄膜に対して、乱れを導入したり、磁場を印加したりすることによって、超伝導から温度降下にともない電気抵抗が上昇する絶縁体的特性へ転移する現象を超伝導 - 絶縁体転移 (SI 転移) という。銅酸化物超伝導薄膜における SI 転移のメカニズムを調べるためには、組成を系統的に変化させた薄膜を作製することが必要になる。我々の使用しているスパッタ装置では比較的小さいターゲットを使用しているため、組成の異なるターゲットの作製が容易であり、本研究に適している。これまで、成膜後にアニールして結晶化させるポストアニール法によるグラニューラ薄膜の作製を行ってきたが、基板を加熱した状態で成膜する in situ 法でも試料を作製し評価したので報告する。

薄膜の作製には DC スパッタ法を用いている。ターゲットに直径が 1 inch の YBCO 多結晶体を、基板には MgO(100) を使用し、スパッタ雰囲気は全圧 0.6 Torr、アルゴンと酸素の比 9:1 であり、スパッタ電力 70 ~ 80 W で 100 分間スパッタしている。基板温度の変化や酸素アニールの有無で超伝導特性が大きく変わることが知られている。そこで基板温度を 650 ~ 750 の様々な温度で成膜し、その後、酸素 1 atm、基板温度 400 で 30 分間アニールを行った。作製した薄膜の表面形態を走査型電子顕微鏡で、結晶性を X 線回折、電気的輸送特性を電気抵抗の温度依存性から評価した。この際、電気抵抗の測定は直流四端子法で行った。試料は主に *c* 軸配向しており、転移開始温度 $T_{c,on}$ は 85 ~ 90 K である。組成を変化させるため、Y の一部を Pr で置換したターゲットを使用して試料を作製した。その結果、室温での抵抗率や $T_{c,on}$ など薄膜の特性が系統的に変化していることがわかった。今後、置換量の変化による SI 転移の観測などの研究を計画している。

G-7 YBCO 超伝導セラミックスのカイラルガラス転移での線形・非線形電気抵抗

九工大工^A, 京都工繊大基盤科^B, 徳島大総合科^C 橋本雄一郎^A, 正實竜也^A, 出口博之^A, 美藤正樹^A, 高木精志^A, 萩原亮^B, 小山晋之^C

銅酸化物超伝導体である $YBa_2Cu_4O_8$ のサブミクロンサイズのグレインの焼結体は、0 結合と結合がランダムに配列したジョセフソン結合ネットワーク系とみなすことができる。この系において特異なガラス転移はカイラルガラス転移と名付けられ、理論および実験の両面から研究されている。この試料は T_{C1} にてグレイン内超伝導転移が、 $T_{C2} (< T_{C1})$ にてグレイン間でカイラルガラス転移が起こる。今回我々は、 T_{C2} 近傍において E - J 測定を行い、そこから線形・非線形抵抗率 ρ_0 ・ ρ_2 を導出し、振る舞いを調べた。図のように、 ρ_2 は T_{C2} 付近ではほぼ消滅しているが、 ρ_0 は T_{C2} 以下でも有限な値を残している。この結果は川村らのモンテカルロシミュレーションと良い一致を示している。



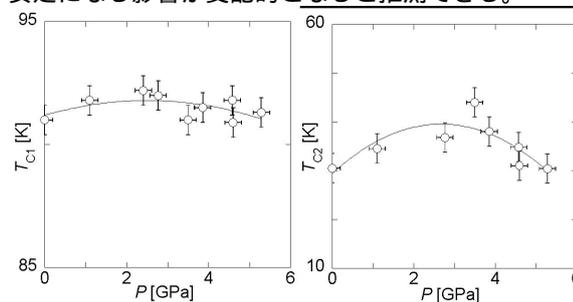
ρ_0, ρ_2 の温度依存

G-8 GPa 領域における YBCO 超伝導セラミックスの超伝導転移温度の圧力依存性

九工大工^A, 徳島大総合科学^B 富永将^A, 小森田裕貴^A, 美藤正樹^A, 出口博之^A, 高木精志^A, 小山晋之^B

YBa₂Cu₃O_{7-x} 超伝導セラミックスは、グレイン内の超伝導転移（相転移温度 T_{C1} ）とグレイン間の超伝導転移（ T_{C2} ）が存在する。グレインサイズを小さくすることでグレイン間のジョセフソン結合が弱くなり、 T_{C2} は下降する。グレイン間の超伝導状態には、ジョセフソン結合の 0 結合と 結合があり、カラスグラスの問題と関係付けられている。グレイン間の超伝導状態を研究する一方法として、 $P = 1\text{GPa}$ までの領域で静水圧力実験が行われている。我々は、より高圧力下での実験を行うためダイヤモンドアンビルセルを用いた実験を行ったので報告する。右図に T_{C1} と T_{C2}

の圧力依存性を示す。この結果から T_{C1} と T_{C2} は共に $P = 2.5\text{GPa}$ 付近でピークをもち、より高圧領域では下降することが分かった。高圧領域では、グレイン内の超伝導状態が不安定になる影響が支配的となると推測できる。



G-9 磁性ナノ粒子における巨大負熱膨張

佐賀大理工^A 鄭旭光^A

熱膨張は馴染みの深い物体の基本性質である。例外的にインバーと呼ばれる一部の合金（Fe-Ni、Fe-Pt など）では、熱膨張率がほとんどゼロになるという現象が知られ、既に精密機械などに応用されている。さらに、特定の物質では熱膨張が負にもなり、近年、セラミックスのタングステンジルコニウム（ZrW₂O₈）で $-2.6 \times 10^{-5} / \text{K}$ という記録的な負熱膨張率が達成されている。

我々は前にバルク CuO がスピン・格子・電荷の強相関係であることを報告してきた「参考文献」。今回純良単結晶からボールミルにより得たナノ粒子の格子定数の温度依存性を大型放射光施設 SPring-8 の共用ビームライン BL02B2 を用いて、粉末 X 線回折により解析した結果、約 5nm の CuO ナノ結晶では反強磁性転移温度より低温で熱膨張が $-1.1 \times 10^{-4} / \text{K}$ と大きく逆転する「負熱膨張」の現象を発見した。さらに、磁気と結晶格子との相互作用が強いと思われる MnF₂ のナノ粒子でも負熱膨張率を持つことを見いだした。一方、参照物質の NiO ではこれらの現象は見られず、磁気と結晶格子との強い相互作用が負熱膨張の原因と思われる。磁性体のナノ粒子の負熱膨張の現象は、今までまったく知られておらず、実用的な意義とともに原理的にも面白い。

なお、本講演に関連した研究成果は佐賀大久保園紘士、石渡洋二、産総研山田浩志、徐超男、理研加藤健一各氏との共著で『Nature Nanotechnology』（10月19日号）に公表している。

参考文献：X.G. Zheng et al., Phys. Rev. Lett. 85, 5170-5173 (2000); J. Phys. Soc. Jpn. 70, 1054-1063 (2001); J. Appl. Phys. 92, 2703-2708 (2002); H. Yamada, X.G. Zheng et al., Phys. Rev. B 69, 104104 (2004).

G-11 AgPdCu 合金を用いた圧力セルの開発

九大院工^A, 九大院理^B, 東大物性研^C 八板克仁^A, 和田統^A, 吉田靖雄^A, 稲垣祐次^A, 河江達也^A, 大橋政司^B, 巨海玄道^B, 松林和幸^C, 上床美也^C, 松本武彦^C

極低温強磁場下で使用できる比熱測定用圧力セルを開発中である。現在主に使用されている Cu-Be (Cu98 極低温・強磁場でセル自体の核比熱が非常に大きくなるため、高精度の実験が出来ない。この問題を解決する材料として Ag-Pd-Cu 合金に注目した。核比熱 C_N は、外場 H 、温度 T のもとで $C_N = \lambda^2 / \mu_0 T^2$ に従って温度の低下とともに増大する。ただし、 λ 、 μ_0 はそれぞれキュリー定数、真空の透磁率を表している。Ag や Pd は Cu に比べてキュリー定数が格段に小さいため、この合金を材料としてセルを作成すれば、セル自体の核比熱の磁場中比熱測定に対する影響を大幅に小さくすることができる。そこで、実際に Ag70wt 圧力セル (37g) を作成しセル自体の比熱を測定したところ、極低温強磁場において核比熱を抑えられることが確認できた。また、セル内部に超伝導体 Pb をいれて加圧しその超伝導転移温度の低下を交流帯磁率測定でみることによる発生圧力の確認実験の結果やこの合金の機械的性質から判断して、このセルでは 1GPa 程度の圧力が発生できることが予測でされる。さらに、Ag-Pd-Cu 合金は析出硬化型合金であり、適当な時効温度において適当な時間時効処理を施すことにより非常に硬くなることが知られている。そこで今回 Ag40wt の組成について様々な温度、時間で熱処理を施し最適な熱処理条件を求めた。その他、弾性や磁性に關しても検証済みで理想的な結果が得られている。

G-12 強磁場極低温下における比熱測定装置の開発

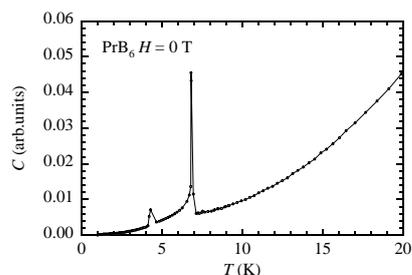
九大工^A 河原正明^A, 八板克仁^A, 稲垣祐次^A, 河江達也^A

我々の研究室では固体物性を研究する手段として主に比熱測定を行っている。比熱測定には大きく(擬)断熱法、緩和法、交流法などがあるが、絶対値の精度の高さから、これまで断熱法を用いて測定を行ってきた。ただし断熱法では温度計の精度が比熱の絶対値に直接反映されるため、温度計の磁場依存性が顕著となる強磁場-極低温領域では正確な比熱を見積もることが困難となる。そこで我々は最近、極低温 強磁場で測定可能な緩和法比熱測定装置の開発を行っている。緩和法を採用することで、試料部を小型化することが可能となるため、将来的には 1 mg 以下の微小試料測定を念頭におき、高感度化も同時に目指している。当日は、開発を行っている装置の詳細と、磁場中-希釈冷凍機温度領域での測定結果を報告する予定である。

G-13 PrB₆の圧力下比熱測定

九大工^A, 広大先端物質^B 木村俊哉^A, 稲垣祐次^A, 河江達也^A, 世良正文^B

我々は極低温 + 高圧 + 強磁場を同時に組み合わせた多重極限環境下における比熱・磁化測定を目指している。T = 1 K 以上の温度領域では、Be-Cu 圧力セルを使用しても、H = 10 T 以下の磁場領域ならば圧力セル材料内の核磁気モーメントの寄与は無視できると考えられる。今回の研究は、これを確認することを目的としている。試料は結晶場基底状態に 61511;61535;61563;5 3重項を持つ PrB₆に注目する。この物質は T = 7K で非整合反強磁性秩序相への転移、さらに T = 4K で整合相に転移することがわかっている。また磁場、圧力下での相転移曲線は複雑な振る舞いを示すことが電気抵抗測定から予想されているため、これを比熱測定から調べていく予定である。図1に PrB₆ のゼロ磁場比熱 (サンプルホルダー等の測定系ブランクを含む)を示す。T = 4.2K, 7K で反強磁性転移に起因するピークが見られる。発表ではより詳しい結果について報告する予定である。

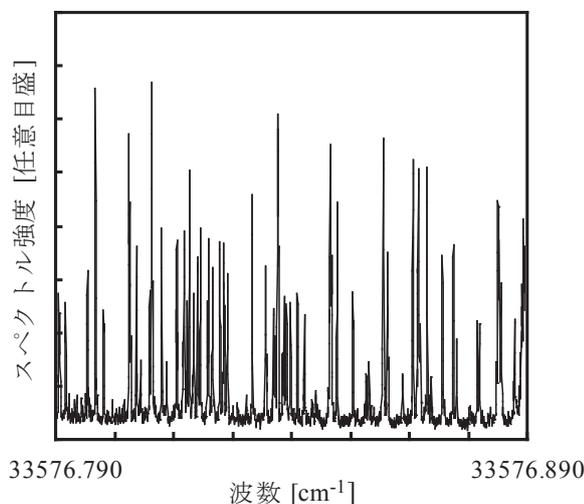


G-14 光周波数コムを利用した可視単一周波数光源によるナフタレン分子の超高分解能分光

福岡大理^A, JST さきがけ^B, 神戸大院理^C 東藤毅^A, 御園雅俊^{A,B}, 河本敏郎^C

多原子分子の詳細な構造やダイナミクスを明らかにするためには、高分解能分光法が有力な手法である。多原子分子の詳細な構造やダイナミクスは、周波数シフトや幅の変化、分裂、強度異常などとしてスペクトルに現れる。これらの微細な効果の測定は高分解能分光法によって初めて可能となる。

図は、ナフタレンのドップラーフリー 2 光子吸収スペクトルを測定したものである。信号の線幅は 5 MHz であり、回転遷移まで分離することができた。しかし、この測定では波長計のみによって波数を決定しており、より詳細な解析のためには、より正確な周波数の基準が必要である。我々は、この周波数の基準として光周波数コムを利用する研究を進めている。



G-15 アガロースの相図

九大理^A 屋代竜太郎^A, 向井貞篤^A, 鴛田昌之^A

生体高分子の一種であるアガロースは、中性の多糖であり寒天の主要成分である。アガロースはゲル化に伴い白濁することが知られている。アガロースゲルの白濁は、ゲル化により空間的に拘束された高分子網目の中で起こる相分離によるものと考えられている。

今回、我々はアガロースゲルのゲル化や相分離に及ぼすグリセリンの影響を明らかにする目的で研究を行った。グリセリンは無色透明の液体で水とは完全相溶性を示す。毒性がほとんど無いことから、医療分野や化粧品等様々な用途で用いられている。試料には伊那寒天提供のアガロース (Type BA-10, 分子量 28 万) を用いた。溶媒には超純水 (比抵抗 $18.3\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$) とグリセリン (試薬特級, 和光純薬) の混合液体を用いた。

アガロース溶液の相図を決定するために、アガロース濃度 $1.0 \sim 15.0\text{g}/100\text{ml}$ 、グリセリン濃度 $0 \sim 50\%$ の範囲で溶液を調整した。すべての試料を 95°C で溶解した後に、試料溶液を恒温層に静置し、温度を徐々に下げゲル化温度と曇点を決定した。降温の幅は 2°C 、静置時間は 12 時間とした。ゲル化温度は傾斜法により決定した。また曇点はレーザー透過光のスポットが消失した温度とした。

本研究からは以下のことがわかった。

1) アガロース - 水の系ではゲル化温度と曇点はともに、アガロースの濃度減少に伴い低温側にシフトする。

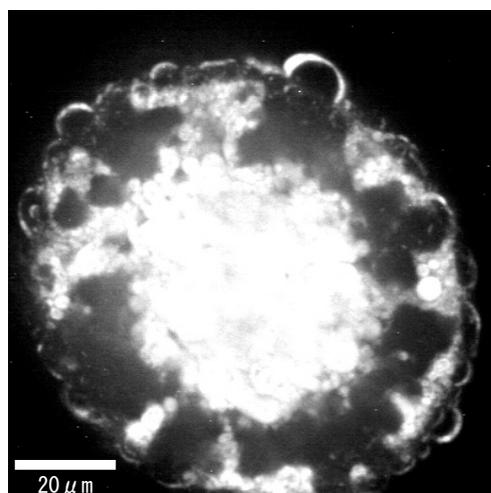
2) 溶媒におけるグリセリン濃度が大きくなるに伴い、ゲル化温度、曇点が低温側にシフトする。

以上の結果を従来の研究成果と併せて検討する。

G-16 界面活性剤の構造形成

九大理^A 豊増佳宏^A, 向井貞篤^A, 鴛田昌之^A

水溶液中の界面活性剤は温度や濃度、種類によって $\text{nm} \sim \mu\text{m}$ スケールの様々な構造を形成することが知られており、このような構造形成過程や曇点近傍での相転移ダイナミクスに興味を持たれている。ここではゲル中における界面活性剤の構造形成についての研究を行った。系を高分子網目で拘束した結果、顕微鏡を用い実空間における構造形成の情報を得ることができる。界面活性剤には TO-30 (トリオレイン酸ポリオキシエチレンソルビタン、 $\text{C}_{100}\text{H}_{194}\text{O}_{28}$)、ゲルにはアクリルアミドを用いた。 30°C から 70°C までの温度でゲル化させた。分光器を用い透過光強度を測定し、その濁度を求めた。また共焦点顕微鏡により実際の試料内部の画像を得て、高い温度で界面活性剤分子が凝集している様子を確認した。これらの結果について議論する。



共焦点顕微鏡による画像
TO-30 濃度 1.6mM 、ゲル化温度 65°C

G-17 小学校授業で簡単に作れ使いやすい天秤

大分大学教育福祉科学部^A 甲斐 昌平^A, 軸丸 勇士^A, 藤井 弘也^A

今から 20 年程前までは公園や校庭には必ずシ - ソ - が在って、それを使って遊んでいたものである。そのため天秤の学習をするまでもなく遊びの中から力に関する様々なことを学んでいることが多かった。しかし、最近では事故が発生した際の責任問題などがおき、シ - ソ - が公園や校庭から撤去され、在っても固定などにより使えなくなっている。そのため筆者等は天秤の学習指導をするに当たり、支点の位置を変更でき、それによって力の大きさを体感できるシ - ソ - を作成しそれを使って天秤の学習を開始した。市販の力学実験用天秤は 1 台で 1 ~ 10 万円する。そのため小学校の予算では購入し難く、学校に買ってあっても児童個人個人が使って、実験することができない状況にある。そのため児童全員にプラスチック製 30cm 物差しに等間隔に錐で穴を空けさせ、重心に料理用竹串を刺して支点とし、その竹串をセロテ - プで固定して 50 円硬貨を分銅 (重り) とし、力学実験用天秤を作成した。そうして完成した天秤を用いて全員が同時に力 (重り) と腕の長さ (モ - メント) に関する実験を行うことができ、てこと力に関する学習に効果を上げた。

この物差しは学習終了後に各人に

G-18 初等中等教育課程における物理教育

九大理^A, 九大院理^B 長谷川潤^A, 松田大輔^A, 中野智仁^B, 巨海玄道^B

最近我が国の若い人達の理科離れや学力低下が声高に叫ばれ、それに対する対策が各種学会を始めとして立てられはじめている。この原因は複雑であるが、我々は初等中等教育における理科教育の過程を調べることにより、この問題の解決の 1 つの切り口を探索することを目指した。この目的のため、現在中学校・高校の現場でどのような理科 (あるいは物理) 教育が行われているかを調査した。

学習指導要領によると、高校ですべての生徒が履修すべき科目として「理科基礎」「理科総合 A」「理科総合 B」「物理 I」「化学 I」「生物 I」及び「地学 I」のうちから最低 2 科目の履修が課せられている。またそのうち 1 科目以上を「理科基礎」「理科総合 A」及び「理科総合 B」の中から履修することになっている。この教育システムの実態を中学校あるいは高校毎に調査し、現状を把握する。このため中学校や高校の先生方に学校現場での現状を踏まえた話を聞き、それぞれの学校でどの科目を学習し、内容をどのように扱っているか、実験をどのようにいれているかなどを調査する。また、小学校から高校へ至る過程で使用されている教科書の内容やそこで出ている練習問題の難易度等を比較検討する。今回の調査により分かった「物理 I・II」までの学習の流れの中から見えてくる問題点を明らかにしたい。

最後に、大変お忙しい中、我々の拙い調査に根気よくつき合って頂いた中学校・高校の先生方に感謝します。

G-19 アドバンス物理に見る英国の物理教育

九大理^A, 九大院理^B 松田大輔^A, 長谷川潤^A, 中野智仁^B, 巨海玄道^B

イギリスの A レベル物理コース (日本の高校物理レベル) の教科書である「アドバンス物理」[1] (以下 AP と略) では、教科内容の配列やストーリー展開が日本の高校物理の教科書と大きく異なっている。例えば、AP の相対速度についての学習の書き出しは『あなたは航空機の乗客だ。あなたは窓の外を見ている。左手はるか彼方に航空機が近づき、あなたはそれを撮ろうとカメラを取り出す。焦点を合わせたときにはその航空機はぐっと迫ってきて、あなたは不安を感じる。機影はファインダー内でみるみる大きくなり、あなたは本当に心配になってくる。しかし危機一髪、航空機は前方を急上昇してあなたの航空機の前を飛び去る。』であり、その内容も数式をあまり使わず、考えの多くを視覚的に表現している。一方、わが国の教科書では『2台の車が併走したり、同じ車間距離を保って走る場合、それらの車は同じ速さで走っている。このとき片方の車から見た他方の車の速度は 0 m/s である。』という記述から始まっている。AP の書き出しは大変奇抜であり、多くの生徒は面白いと感じると思われる。また AP は物理学が今日の社会で実際に生かされていることを明確に具体的な例で示している。日本の教科書がどちらかと言えば、抽象的な思考へもっていくものであることを考えると、AP の方が学習への意欲を掻き立て、有益さを感じさせるといえる。

本講演では AP の特徴を、教科書や CD-ROM 教材を中心に紹介する。そこで取り上げられている学習項目について、日本の高校物理の教科書との比較、検討を行う。AP とわが国の教科書の特徴 (あるいは欠点) を明確にしたい。

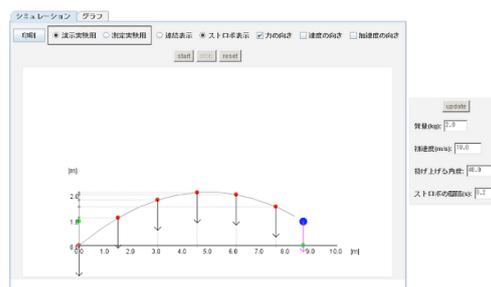
[1] 『アドバンス物理』 J. オグボーン、M. ホワイトハウス編 (笠耐、西川恭治、監具博義 監訳)、シュプリンガー・フェアラーク東京

G-20 高校物理を面白くするバーチャル実験室の開発

九大院理^A, 新潟商業高校^B 小田垣孝^A, 梅崎雅寛^A, 尾嶋拓^A, 藤江遼^A, 土肥啓一^B

運動や現象の時間発展を授業で実際に見せることおよびバーチャル実験のデータを解析して、物理法則を発見させることを支援するインタラクティブ型バーチャル実験室を五つのテーマ「等加速度運動、重力場中の運動、円運動、単振動、熱平衡」について作成した。力学に関しては、速度、加速度、力をオプションで表示しつつ運動の時間変化を示し、また、位置や速度の時間変化も表示できるように工夫した。運動については連続表示とストロボ表示を用意した。さらに、等加速度運動に関しては、ストロボ表示のデータを生徒に配布し、授業中に生徒が自分のデータを解析し、その結果を持ち寄って、運動の法則の発見を体験させられるようにデザインした。熱現象に関しては、温度の異なる二つの気体を接触させたときに平衡に到達する過程をミクロな描像によ

るシミュレーションで示した。新潟商業高校で行った研究授業により、バーチャル実験室が講義の説明をスムーズに行うための強力な手法であることを示すとともに、実験を解析させる手法となることを示した。例として斜方投射の画面を示す。http://www.cmt.phys.kyushu-u.ac.jp/virtuallab/を参照。この研究は、財団法人日産科学財団の助成を受けて行われた。斜方投射



G-21 分野横断型小規模学会の高校生セッションの試み 形の科学会の場合

京都大学 情報学研究科^A, 鹿児島大学 理学部^B 宮崎修次^A, 秦浩起^B

形の科学会は物理学, 数学, 化学, 生物学, 地形学, 建築学, 都市計画等の幅広い研究分野の研究者が「形」をキーワードとして, 学際的な科学の確立をめざす日本学術会議の協力学術研究団体である。様々な研究分野の研究者が共通に取り組める課題の一つは理科離れ対策といった理科教育の問題であろう。2008年10月31日から11月3日にかけて京都市で第66回「形の科学シンポジウム 非平衡統計力学・非線形物理学と形の科学」が開催され, 著者のうち宮崎はその代表世話人を務めた。従前の「形の科学シンポジウム」では, 代表世話人の専門分野の招待講演などを公開企画としていた。今回, 一つの試みとしてを参加費無料の公開企画として「理科教育・高校生セッション」を行った。Super Science Highschool 対象校の高校生による研究発表, シンポジウム参加者との議論, 如何に教えるかという理科教育の一般講演, 模擬授業を中心に据え, 高校生を囲んで様々な分野の研究者が理科離れの問題や高校生に如何に研究の魅力を伝えるかといった問題を共に考えることを目的とした。高校生向けの模擬授業では, アルミニウム粉をシリコンオイルに入れてホットプレートで熱することで対流のセルパターンが現れる様を見せた。また, 著者のうち秦はペットボトルをぶら下げたゴムひもに熱湯をかけるとゴムひもが縮み, ペットボトルの位置が上昇するゴム弾性の実験や電子レンジに鉛筆の芯を入れて作動させ, プラズマが生じる様を見せる実験などを示した。高校生側からは「粘菌とは何か」「メタミドホスはなぜ体に悪いのか」「対流セルがなぜ六角形になるのか」など即答が難しい質問や本質をついた質問が出てきた。本講演では, 同シンポジウムの「理科教育・高校生セッション」を紹介し, 分野横断型の小規模学会の理科教育に対する寄与の仕方を模索したい。 <http://wwwfs.acs.i.kyoto-u.ac.jp/20081103/>

G-22 定期試験不合格者のフォローアップに関する一考察

佐世保高専・電気電子^A 三橋和彦^A

所謂「教養物理」は, 理工系高等教育の基礎学力を支える重要科目の一つである。本校電気電子工学科においても一般物理(4年)、電磁気学 I, II(3,4年)、工業物理概論(4年)の4科目に分散して同内容を講義している。総じて高等教育として十分な学習量を確保しているが, 試験の平均点や解答状況から推察すると, 理解度と定着度は全く不十分と言わざるを得ない。その原因の一つに自己学習量の不足が考えられる。

そこで現在、「一般物理」の試験不合格者を対象としたフォローアップを行い学習量の増加と基礎学力の向上を図っている。フォローアップは, 追試験と補習を組み合わせた形式で年11回程度実施している。内容は課題演習による復習と解答の解説が中心で, その発展問題を追試験で出題している。補習と追試は原則として週末の午前中に設定し, 2~3時間の補習の後に1~2時間の追試験を実施している。答えは10点満点で採点し各試験の素点に加算する。これを原則3回実施し最大30点まで補填している。

当初, 補習と追試を週末に実施するため不評が予想されたが現在のところ不満は殆ど聞かれない。授業がないため補習に集中でき自分のペースで理解できるという意見も聞かれている。補習中に学生同士で教え合うことも推奨しており, 比較的自由的な環境で自然に自己学習や協同学習ができているように感じられる。通常授業における消化不良を解消するためにも, こうした補習は意味があると考えられる。

講演ではフォローアップの詳細や指導上, 勤務上の課題等について報告する。

G-23

身近な電気・電子機器から輻射される電磁波の測定と電波吸収体を利用した電磁波実験の検討

別府溝部学園短期大学ライフデザイン総合学^A, 広島大学大学院教育学研究科^B,
兵庫県立大学大学院工学研究科^C 笠置映寛^A, 蔦岡孝則^B, 畠山賢一^C

電磁環境を正しく認識するための実験の基礎的な研究として, 身近な電気・電子機器から輻射される電磁波を測定する実験について検討を行った。測定対象は, PHS, パーソナルコンピュータ基盤, IH クッキングヒーターで, 測定にはループアンテナ (直径 1.5cm, 20cm), 及びスペクトラムアナライザを使用した。まず, 機器からの電磁波スペクトルを測定し, 最も強度の大きい周波数に注目し, その電磁波強度の距離依存測定を, 約 1cm から 1m の距離で行った。いずれの機器についても距離が大きくなるにつれ電磁波強度が弱くなる様子を観察できた。パソコン基盤 (80MHz), IH ヒーター (23.7kHz) からの電磁波強度の変化については, 近傍電磁界の強度変化に対応するものと考えられる。授業実践を考慮し, 簡易測定器を用いて輻射電磁界の磁界強度の距離依存性について検討を行った。スペクトラムアナライザによる測定と同様, 距離とともに磁界強度が弱くなる様子を観察できた。その減少の割合はスペクトラムアナライザによる測定結果に比べ小さくなる傾向であった。このように, 教室や実験室内においても, 身近な機器からの電磁界強度の距離依存性を観察することが可能である。また, このような測定実験と関連して行う電波吸収体を用いた電磁波実験についても合わせて報告する。

G-24

重力と電磁気力 (… 相対論的不変性の下で …)

日本文理大学工学部機械電気工学科^A 竹本義夫^A

四元ベクトル積 (内積・外積・スカラー倍を含む)

* 第 112 回日本物理学会九州支部例会 (2006 年・鹿児島大学) で発表

$$\begin{pmatrix} ct \\ \mathbf{r} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct' \\ \mathbf{r}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ctct' + \mathbf{r} \cdot \mathbf{r}' \\ ct\mathbf{r}' + r\mathbf{c}t' - i(\mathbf{r} \times \mathbf{r}') \end{pmatrix}$$
 の応用。

- (1) 重力と電磁気力の類似を逆二乗の法則だけではなく、
- (2) 力の発生過程までのさかのぼることができる。
- (3) その結果、電磁気力と同様の相対論不変の方程式を得る。

詳しくは <http://www.nbu.ac.jp/takemoto/genko.html>

(A) 電磁気力の発生 (E_t は電場の時間成分, $\phi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e}{r}$, $\mathbf{A} = \mathbf{0}$)

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + \frac{j}{c}E_t + \frac{j}{c} \times c\mathbf{B} - i(qc\mathbf{B} - \frac{j}{c} \times \mathbf{E}) = -\frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 c} \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} \left(\frac{e}{r} \right) u_t + i \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 c} \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} \left(\frac{e}{r} \right) \times \mathbf{u} (\text{complex})$$

(B) 重力との類似 (下線部を比較)

$$\mathbf{f} = -m_0 \frac{\partial U}{\partial \mathbf{r}} \sim -m_0 \gamma \frac{\partial U}{\partial \mathbf{r}} = -\frac{Gm_0}{c^2} \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} \left(\frac{M}{r} \right) u_t$$

(C) 重力の方程式 (相対論不変)

$$\frac{d^2 ct}{d\tau^2} = -\frac{M_G}{r^2} \frac{dr}{d\tau} \frac{dct}{d\tau} \dots (1)_{ct}$$

$$\frac{d^2 r}{d\tau^2} = -\frac{M_G}{r^2} \left(\frac{dct}{d\tau} \right)^2 + \frac{1}{r} \{ (r \cosh \Theta \frac{d\phi}{d\tau})^2 - (r \frac{d\Theta}{d\tau})^2 \} \dots (2)_r$$

$$\frac{d}{d\tau} \left(r \frac{d\Theta}{d\tau} \right) = \left(\frac{M_G}{r^2} \frac{dct}{d\tau} - \sinh \Theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) (r \cosh \Theta \frac{d\phi}{d\tau}) - \frac{1}{r} \frac{dr}{d\tau} \left(r \frac{d\Theta}{d\tau} \right) \dots (3)_\Theta$$

$$\frac{d}{d\tau} \left(r \cosh \Theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) = \left(\frac{M_G}{r^2} \frac{dct}{d\tau} - \sinh \Theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) \left(r \frac{d\Theta}{d\tau} \right) - \frac{1}{r} \frac{dr}{d\tau} \left(r \cosh \Theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) \dots (4)_\phi$$

G-25 太閤殿下の熱力学

長崎大学環境科学部^A 後藤信行^A

熱現象は身近にありふれているにもかかわらず、熱そのものは目に見えず、それが学生にとって熱力学の直感的な理解の妨げになっていると思われる。とくに、学生の数学や物理の予備知識が低下した最近では、数式を使った熱力学の講義でも、その合間に、時々、演示実験や面白いたとえ話などを挿入し、学生の興味を喚起し、理解を助ける必要であると思われる。その試み¹⁾について報告する。講義のなかで用いている実験やたとえ話を、次に列記して、今回の発表の予稿としたい。

1. すっ飛びボールとヘロンの噴水と熱現象。2. ポッチャン便所の原理と天下盗りのコツ。3. 臍で茶が沸かせるか。4. 臍で氷がつくれるか。5. 冷凍光線は可能か。

1) 後藤信行「太閤殿下の熱力学」大学の物理教育 14-2 (2008) p.58