課題番号 2009S2-005

# 新規高温超伝導体および関連化合物の高分解能角度分解光電子分光

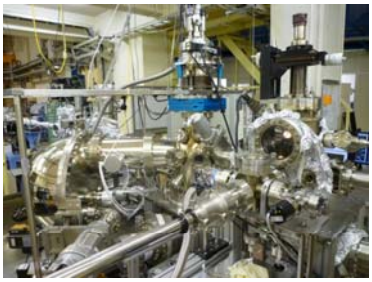

**実験組織** 研究代表者： 藤森淳 （東京大学大学院理学系研究科）
吉田鉄平（東大理）、中山耕輔、相馬清吾、佐藤宇史、高橋隆（東北大理）、齋藤智彦（東理大理）、久保田正人、小野寛太（PF物構研）


**課題有効期間** 平成21年4月～平成24年3月 （3年間）

**研究目的** 高分解能角度分解光電子分光(ARPES)を用いて新型鉄系高温超伝導体の電子状態を精密に決定し、超伝導発現機構の解明を目指した研究を行う。フェルミ面、バンド分散、エネルギーギャップ、準粒子スペクトルの微細構造の精密測定を行い、電子状態の基礎的理解を構築する。また、銅酸化物やグラファイト超伝導体など新規超伝導物質との比較研究を行い、電子構造の類似点/相違点を明らかにする。

## 実験ステーション

### Photon Factory BL-28A 高分解能角度分解光電子分光装置



**基本性能データ**

SES-2002のエネルギー分解能：
0.9 meV (Pass energy 2 eV)
角度分解能： ±0.1°
角度分解モード取り込み角： ±6°

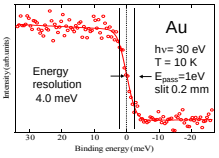
アールデック社製2軸回転マニピュレータ
i-GONIOにより試料角度を2軸回転可能
測定温度領域： 7 ~ 300 K

測定槽到達真空度： $1.0\times10^{-8}$ Pa

試料多自由度回転機構

i-GONIO
(アールデック社、
産総研共同開発)
Y. Aiura *et al.*, Rev. Sci. Instrum., **74**, 3177 (2003).

**エネルギー分解能評価**

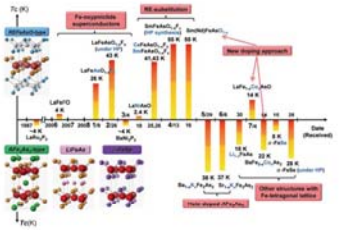



•光源とアナライザーを合わせたエネルギー分解能は4meVを達成している

•超高真空中で低温10K以下を保ちつつ試料を多自由度で回転できるため運動量空間の走査を効率よく行うことができる。

## 鉄系高温超伝導体

鉄系超伝導体の発見と物質探索の経過

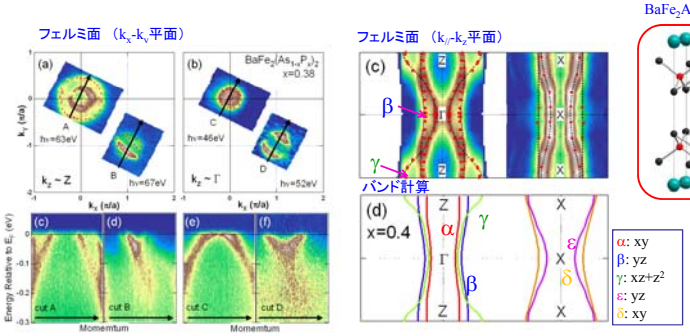


2008年2月の鉄系高温超伝導体の発見以来、様々な類似した超伝導物質が見つかっている。超伝導メカニズムを明らかにするために、電子構造の研究が必要とされている。

## 2010年度の研究成果・進捗状況

BL-28Aの角度分解光電子分光測定において、これまでに様々な鉄系高温超伝導体および関連化合物の電子状態の観測が行われ、フェルミ準位近傍の電子が受ける相互作用について新たな知見が得られている。

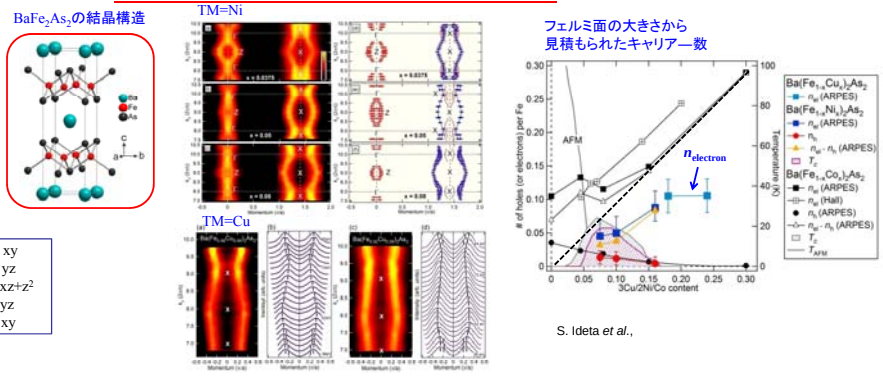
### $BaFe_2(As_{1-x}P_x)_2$の3次元フェルミ面の観測




T. Yoshida *et al.*, Phys. Rev. Lett. *in press*.

$BaFe_2(As_{1-x}P_x)_2$の最適組成付近において、バンド計算と定性的に一致する3次元的フェルミ面を観測した[1] 。しかし、電子面の大きさは、de Haas-van Alphen効果によるフェルミ面観測の結果と定量的に一致しており、バンド計算の予測よりも明らかに小さかった。

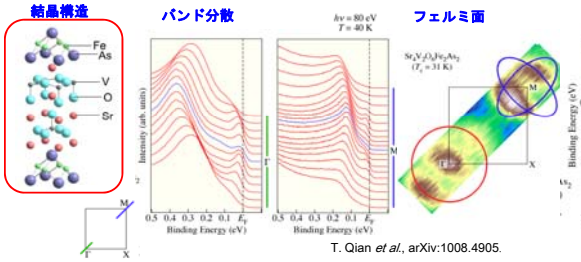
### $Ba(Fe_{1-x}TM_x)_2As_2$ （TM=Ni, Cu）のLuttinger 総和則




S. Ideta *et al.*,

$BaFe_2As_2$のFeをNiおよびCuにより置換した、フェルミ面の3次元形状を調べた。X点において大きな電子面が観測されたが、組成の変化に伴いフェルミ面の体積がほとんど変化していないことがわかった。このことは、Coで置換した系がリジッドバンド的に振舞うことと対照的で、キャリアが部分的に不純物準位に捕獲されていることを示唆している。

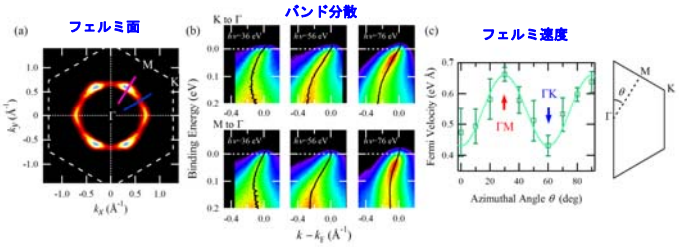
### ペロブスカイト型ブロック層をもつ$Sr_4V_2O_6Fe_2As_2$ のバンド分散、フェルミ面




T. Qian *et al.*, arXiv:1008.4905.

高分解能ARPESにより鉄系超伝導体$Sr_4V_2O_6Fe_2As_2$のバンド構造を決定した[2] 。V 3*d*電子も伝導に寄与するというLDAバンド計算の予測とは異なり、Fe 3*d*軌道に由来するバンドのみがフェルミ準位を切っていることを見出した。LDA+Uバンド計算との比較から、V 3*d*電子は強いクーロン斥力によって局在していることを示唆した。

### 水を含んだ$K_{0.5}CoO_2$の電子構造




H. Usui *et al.*, Physica C (2010).

$K_{0.5}CoO_2$が水を吸った金属状態の電子構造を低温高分解能のARPESによって検証した[7]。フェルミ面上のスペクトル強度の周期的変化、フェルミ速度が異方的であり、これがLDAバンド計算とは逆の傾向であること、等を見出した。これらは$Na_xCoO_2$で報告されていることと一致した。

## 発表論文


[1] T. Yoshida, I. Nishi, S. Ideta, A. Fujimori, M. Kubota, K. Ono, S. Kasahara, T. Shibauchi, T. Terashima, Y. Matsuda, H. Ikeda and R. Arita, Phys. Rev. Lett. **106**, 117001 (2011).
[2] T. Qian, N. Xu, Y.-B. Shi, K. Nakayama, P. Richard, T. Kawahara, T. Sato, T. Takahashi, M. Neupane, Y.-M. Xu, X.-P. Wang, G. Xu, X. Dai, Z. Fang, P. Cheng, H.-H. Wen, and H. Ding, Phys. Rev. B **83**, 140513 (2011).
[3] M. Neupane, P. Richard, Y.-M. Xu, K. Nakayama, T. Sato, T. Takahashi, A. V. Federov, G. Xu, X. Dai, Z. Fang, Z. Wang, G.-F. Chen, N.-L. Wang, H.-H. Wen, and H. Ding, Phys. Rev. B **83**, 094522 (2011).
[4] K. Nakayama, T. Sato, P. Richard, T. Kawahara, Y. Sekiba, T. Qian, G. F. Chen, J. L. Luo, N. L. Wang, H. Ding, and T. Takahashi , Phys. Rev. Lett. **105**, 197001 (2010).
[5] T. Arakane, T. Sato, T. Takahashi, T. Fujii, and A. Asamitsu, Phys. Rev. B **81**, 115132 (2010).
[6] Y. Sekiba, T. Sato, K. Nakayama, K. Terashima, P. Richard, J. H. Bowen, H. Ding, Y.-M. Xu, L. J. Li, G. H. Cao, Z.-A. Xu, and T. Takahashi, Physica C **470**, S394-S396 (2010).
[7] H. Usui, H. Iwasawa, M. Hirose, Y. Maeda, T. Saitoh, H. Osada, T. Kyomen, M. Hanaya, Y. Aiura, Y. Kotani, M. Kubota, K. Ono, Physica C, 470, S758-S759 (2010).