

トポロジカル絶縁体と超伝導体 (Topological Insulators and Superconductors)

上智大学理工学部機能創造理工学科 大槻東巳

1. トポロジカル絶縁体(TI)とは？

通常の絶縁体：電気を通さない

トポロジカル絶縁体：バルクは絶縁体であるが、系の端(2次元系)や表面(3次元系)に現れる特異な状態を利用して電流が流れる。

例：2次元物質 HgTe/CdTe quantum well

3次元物質 Bi_{1-x}Sb_x, Bi₂Se₃, Bi₂Te₃, Sb₂Te₃

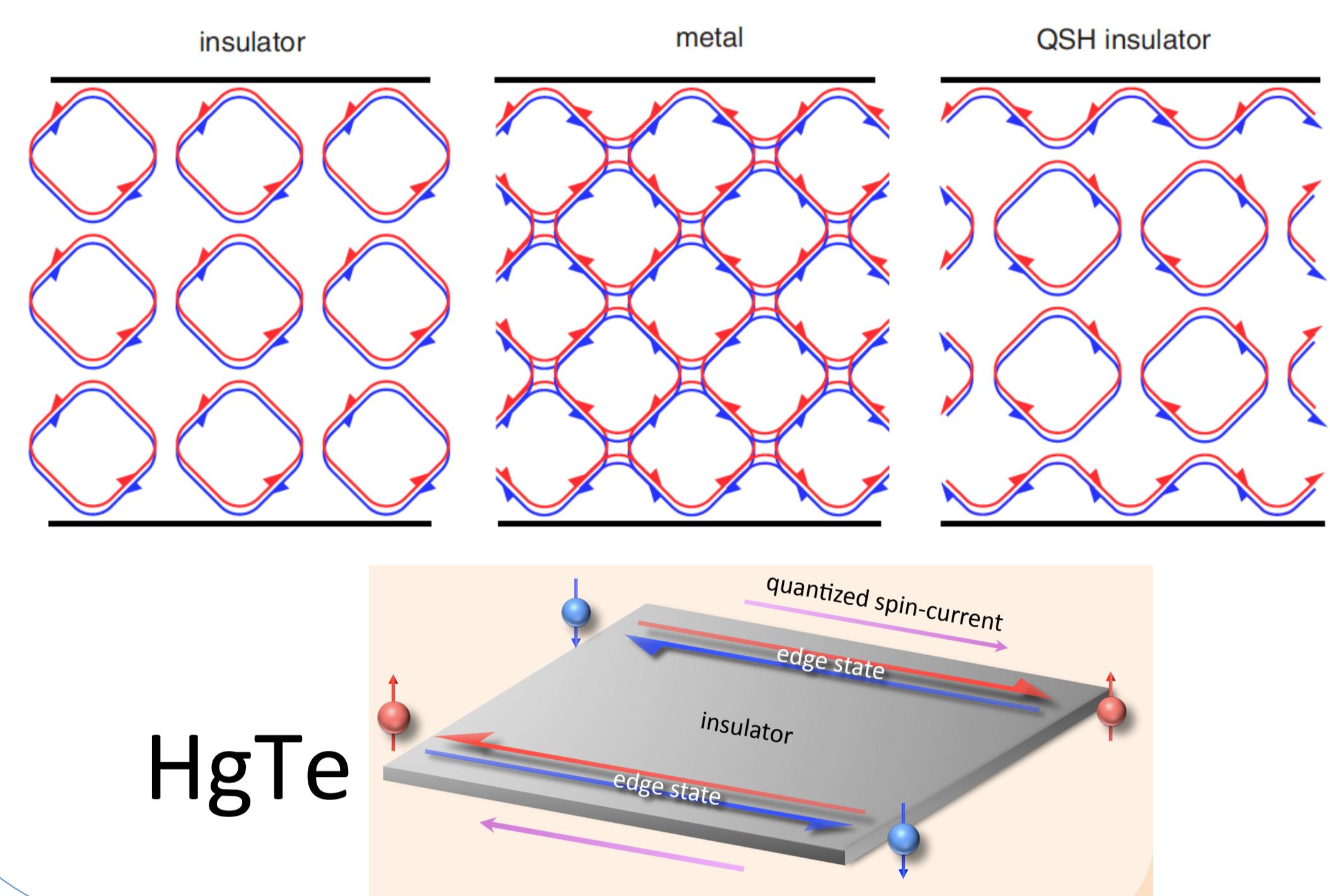
端や表面の状態：通常は不安定。表面の凸凹や散乱体によって電流を流さなくなる(Anderson 局在)。

トポロジカル絶縁体では時間反転対称性などにより、この凸凹や散乱体に対して安定。表面状態はDirac粒子として振る舞うことも確認されている。

2. モデル

量子ネットワークモデル：

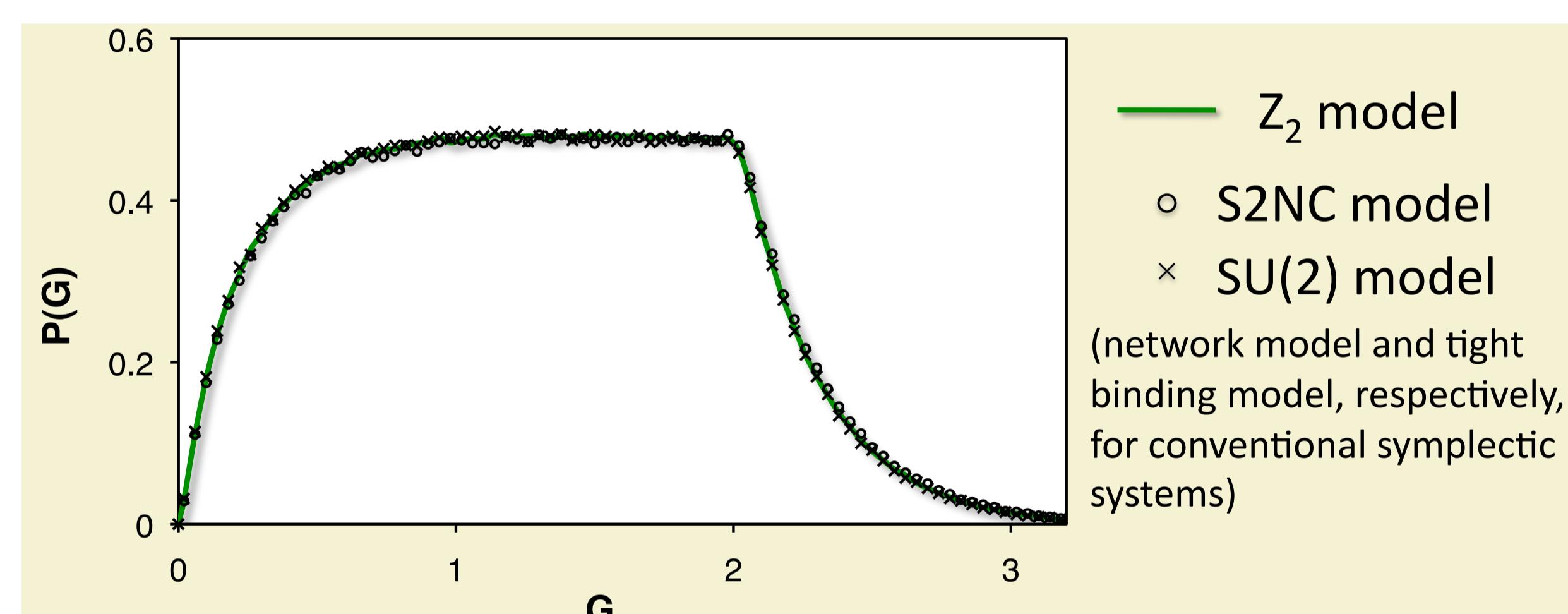
電子の運動をリンク、散乱をノードで表したもの。左が通常の絶縁体、真ん中が金属状態、右がトポロジカル絶縁体状態



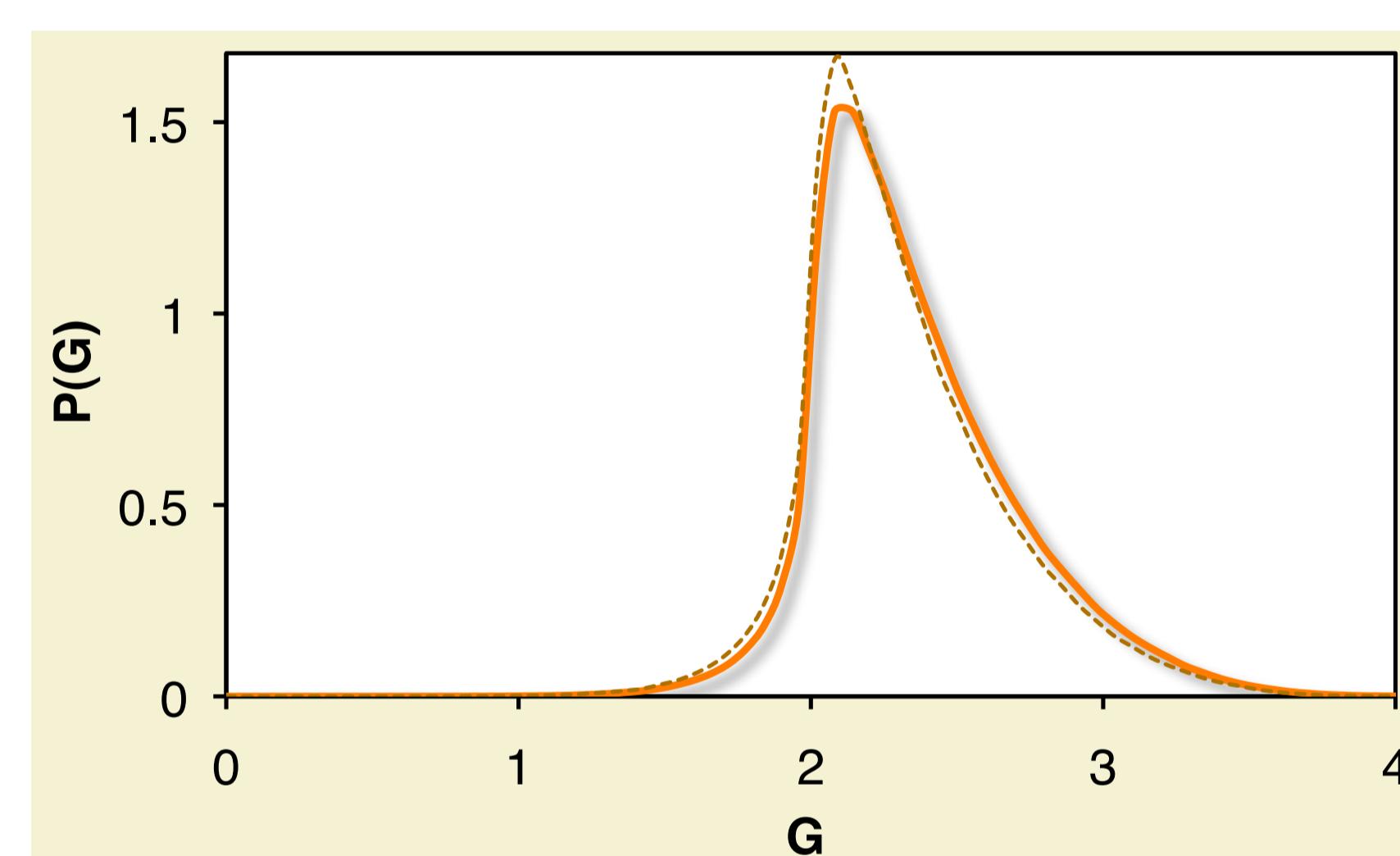
3. これまでの主な結果

[1] TI-金属転移：通常の絶縁体-金属転移と同じ臨界指数

[2] しかしコンダクタンスの分布は大きく異なる



通常の絶縁体-金属転移における
コンダクタンスの分布関数



TI-金属転移における
コンダクタンスの分布関数

参考文献：K. Kobayashi, T. Ohtsuki, H. Obuse, K. Slevin: Phys. Rev. B 82, 165301 (2010)

4. 今後の展望

絶縁体(電気抵抗無限大)と超伝導体(電気抵抗0)を組み合わせる→Josephson接合などへの応用

トポロジカル絶縁体と超伝導体を組み合わせる→様々な可能性

- ・コンダクタンスの分布関数はどのように変わるか？
- ・Majorana粒子(粒子と反粒子が等しいもの)が実現？
- ・近接効果

例えば異常量子ホール系に超伝導体をのせる(c.f. Qi et al., Phys. Rev. B 82, 184516 (2010))
→近接効果で異常量子ホール系も超伝導体に→新しい超伝導

私立大学戦略的研究基盤形成支援事業
学際連携による超伝導伝送システムとマグネット開発
後藤貴行(代表者) 高尾智明 板谷清司 桑原英樹 坂間弘
大槻東巳 宮武昌史 坂本治久 谷貝剛 中村一也,