

# MMSの現状と周回部にむけて

2013/07/22 T. Obina

# MMS概要

- 高速( $\mu$ s)
  - 通称 秋山インターロック
  - Hardwire
  - レーザー停止に使用
  - ON/OFF制御には適さない
- 中速(1ms – 10ms)
  - Hardwire
  - PLCのRealtime動作
- 低速(100ms – 1s)
  - Softwareベース
  - EPICS経由
  - RS232C等で読み込む放射線モニタ

Laser

LLRF

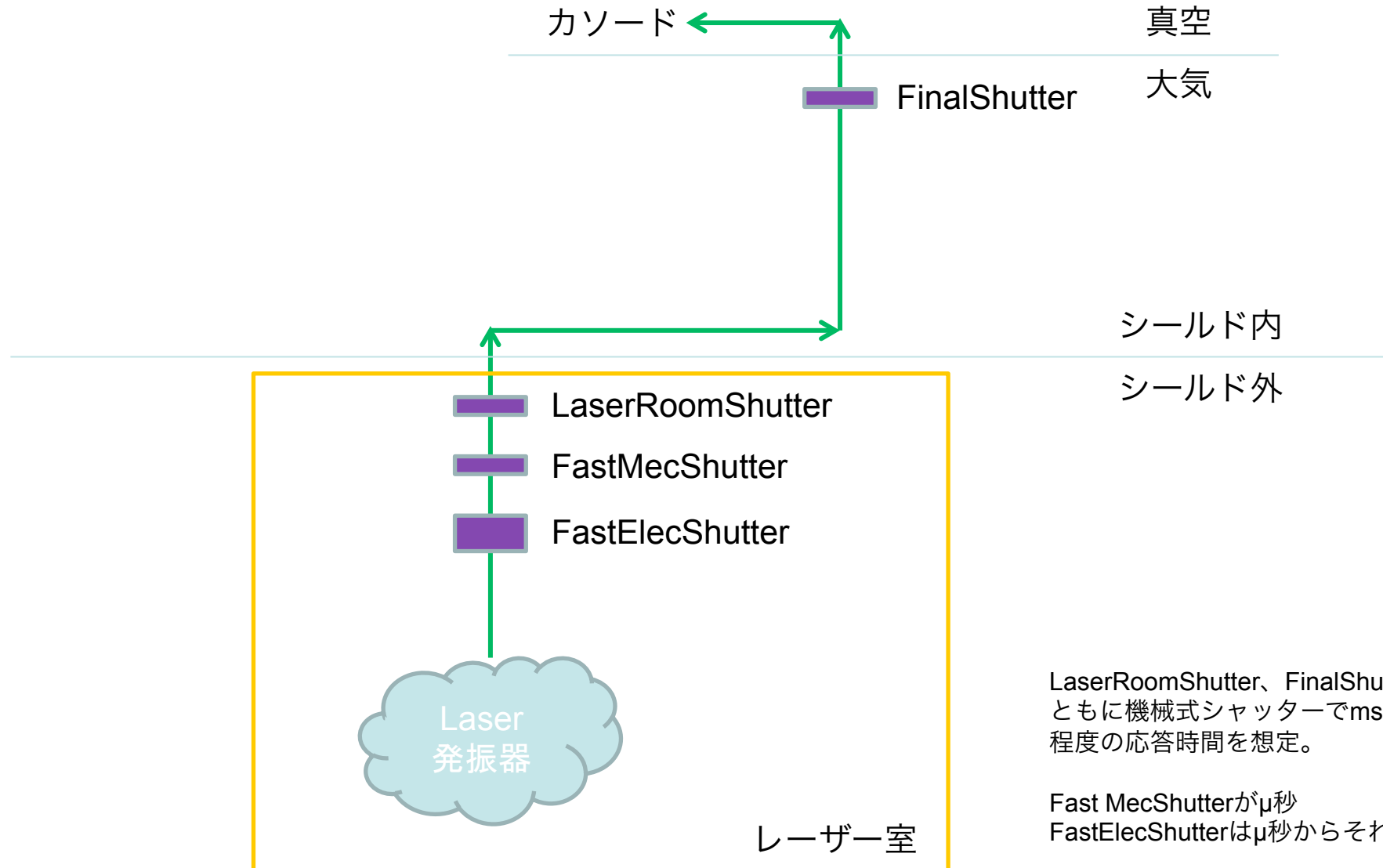
Gun-HV

VAC(GV)

ScreenMon

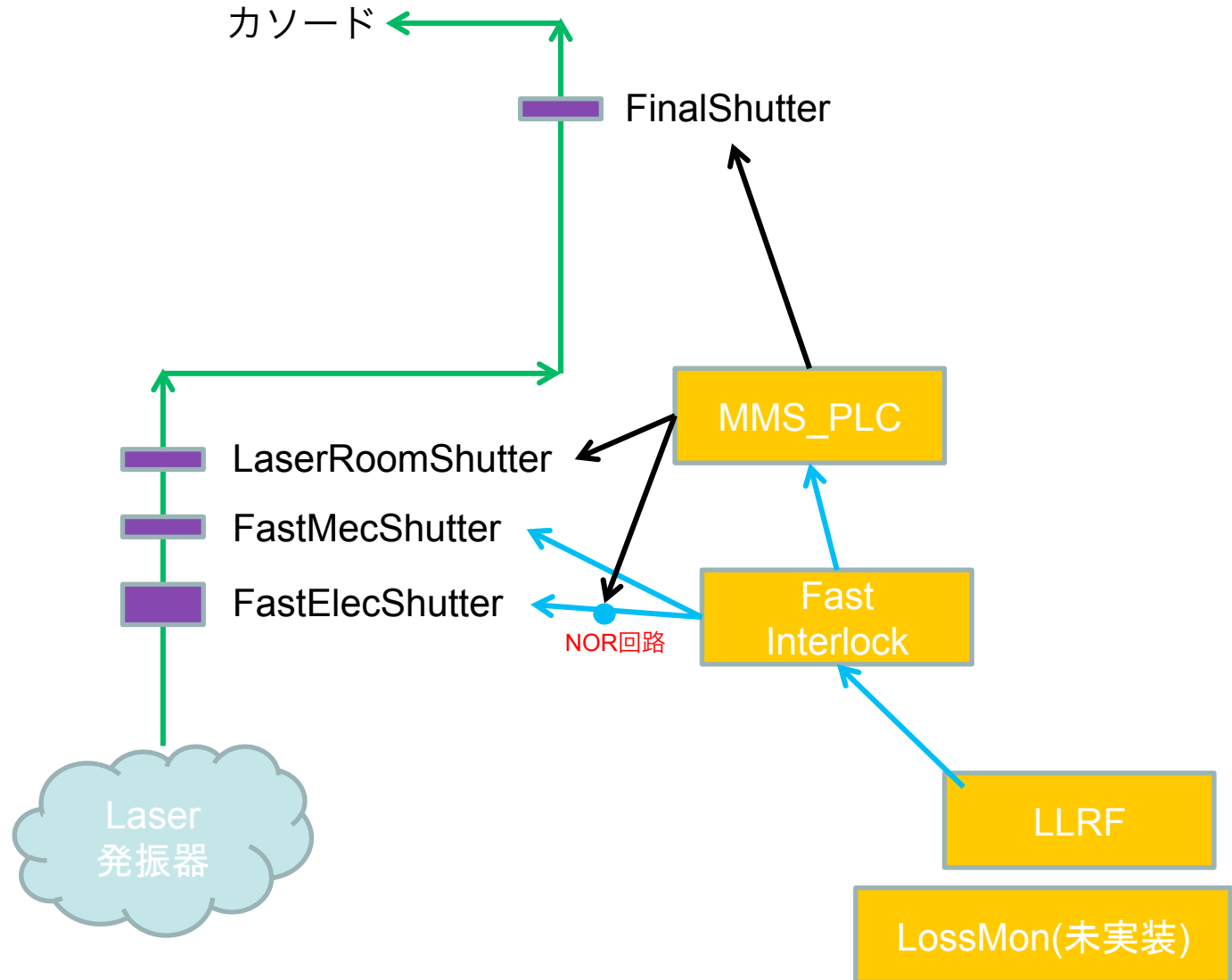
Misc. Soft

# レーザー停止系 ブロック図

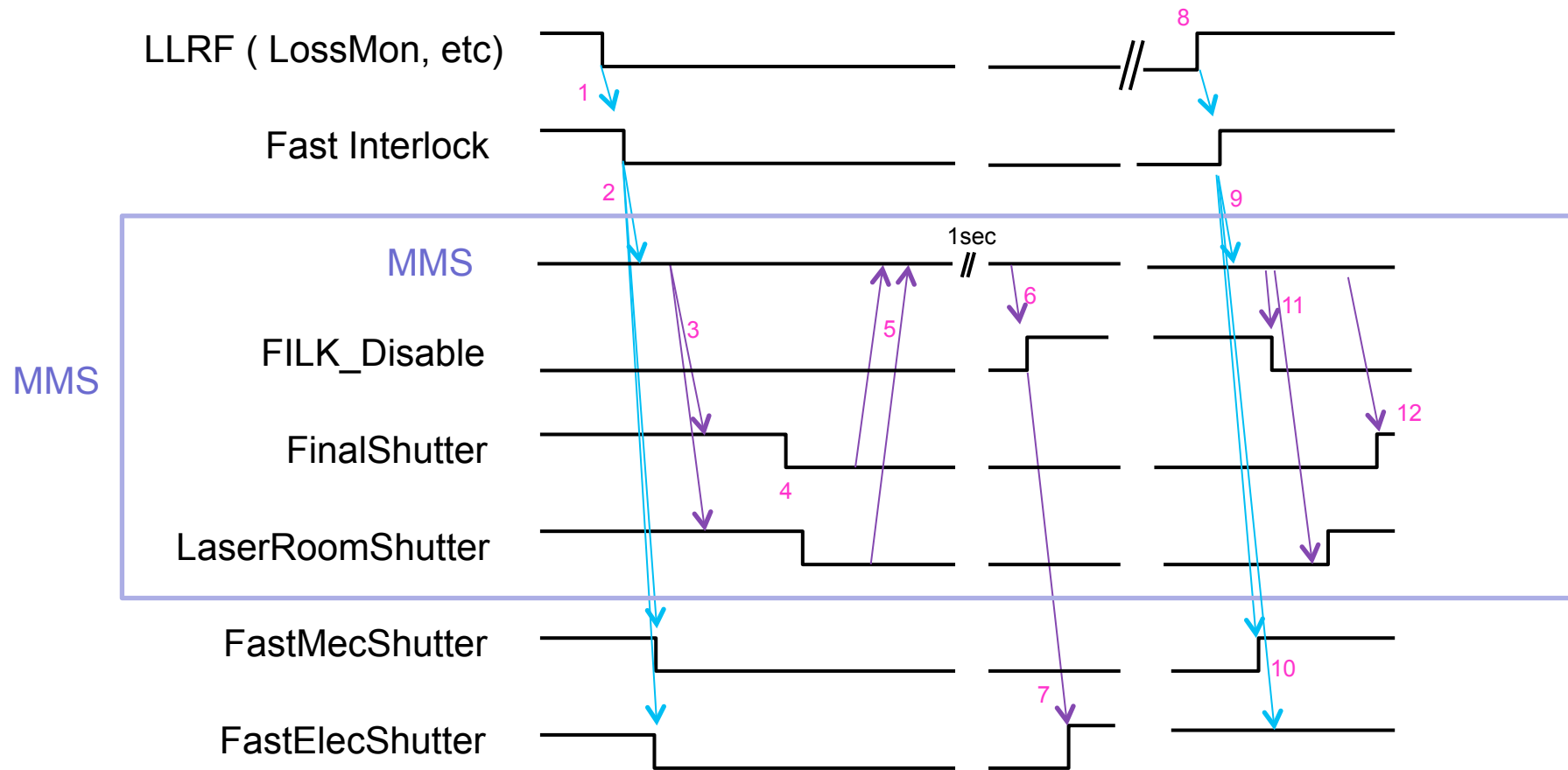


# 制御系統

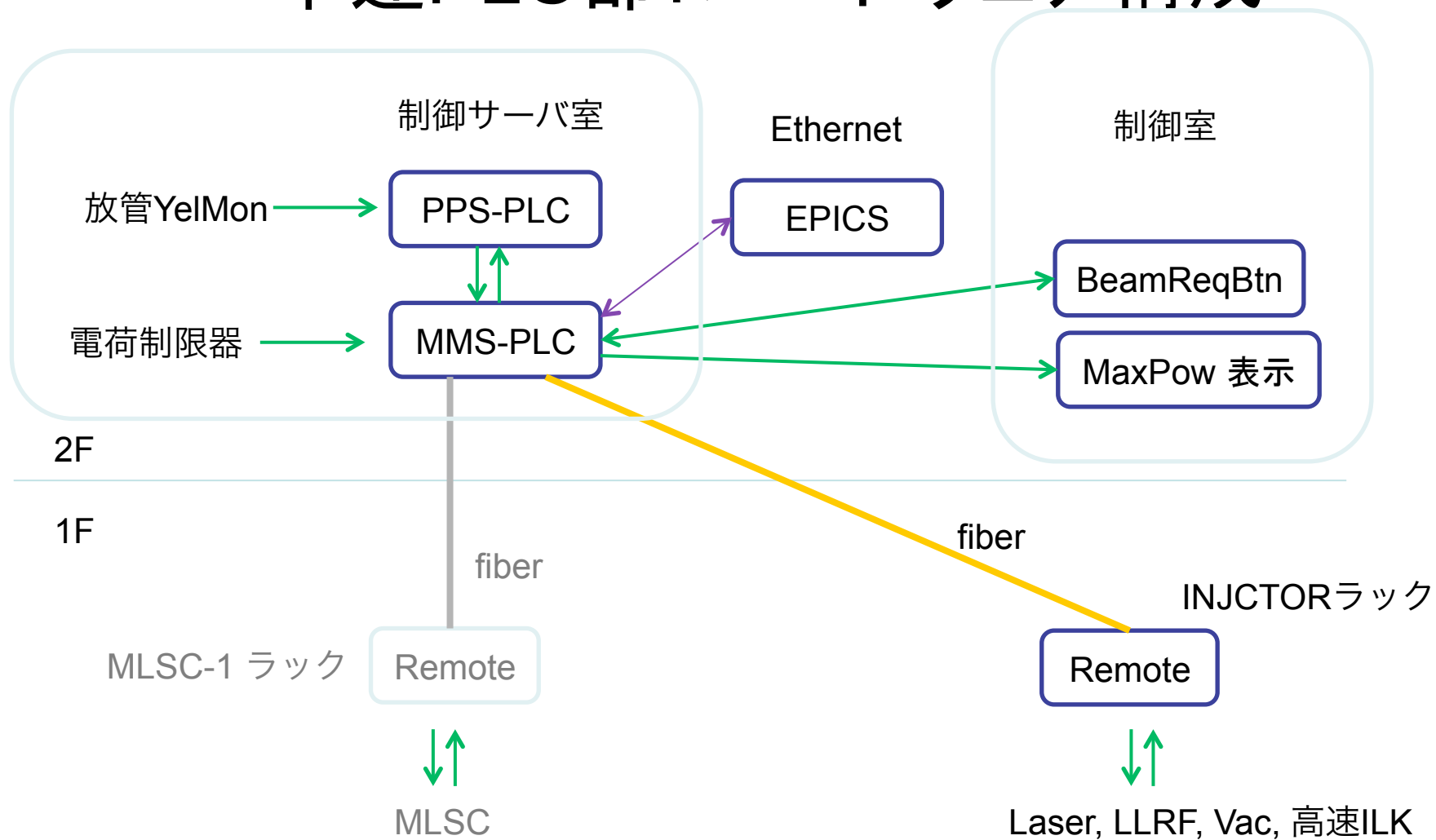
- ← Laser光路
- ← 高速( $\mu$ s)経路
- ← 低速(ms)経路



# Timing:通常のインターロック・復旧動作



# 中速PLC部:ハードウェア構成



周回部運転時に増設

# 真空PLCとの関係

- GV制御はすべて真空PLCが制御
- 空洞周辺・その他要素で「真空が悪化したらGVを閉める」というロジックは真空PLCが受け持つ。
- 制御周期(約)数ms~10msのオーダーで指令が出る
  - 実際にGVが閉まるのに要する時間はもっと長い
- 真空PLC – MMS\_PLC間はHard Wireで接続
  - “VAC\_READY”信号
  - これが落ちた時にはLaser停止する。
  - 現状では GunHV OFF (Vref\_OFF) 操作はしていないが、安全を考えて周回部運転のときにはVreff\_Offにしたいと考えている。
    - 現状ではEPICS経由のみ:ハードウェアで渡すことを検討

確認

# MMS モードロジックについて

- 最初の案ではモード状態遷移で記述していた。少し複雑。
- モード遷移についてはPPS側にまかせておき、機器のON/OFFができる条件の列挙だけで記述する
  - 各機器(Laser,LLRF,HV等)のON/OFF状態をモニターする
  - 「運転モード」は各機器の運転モードとする。
  - それぞれの機器がON/OFFできる条件を記述

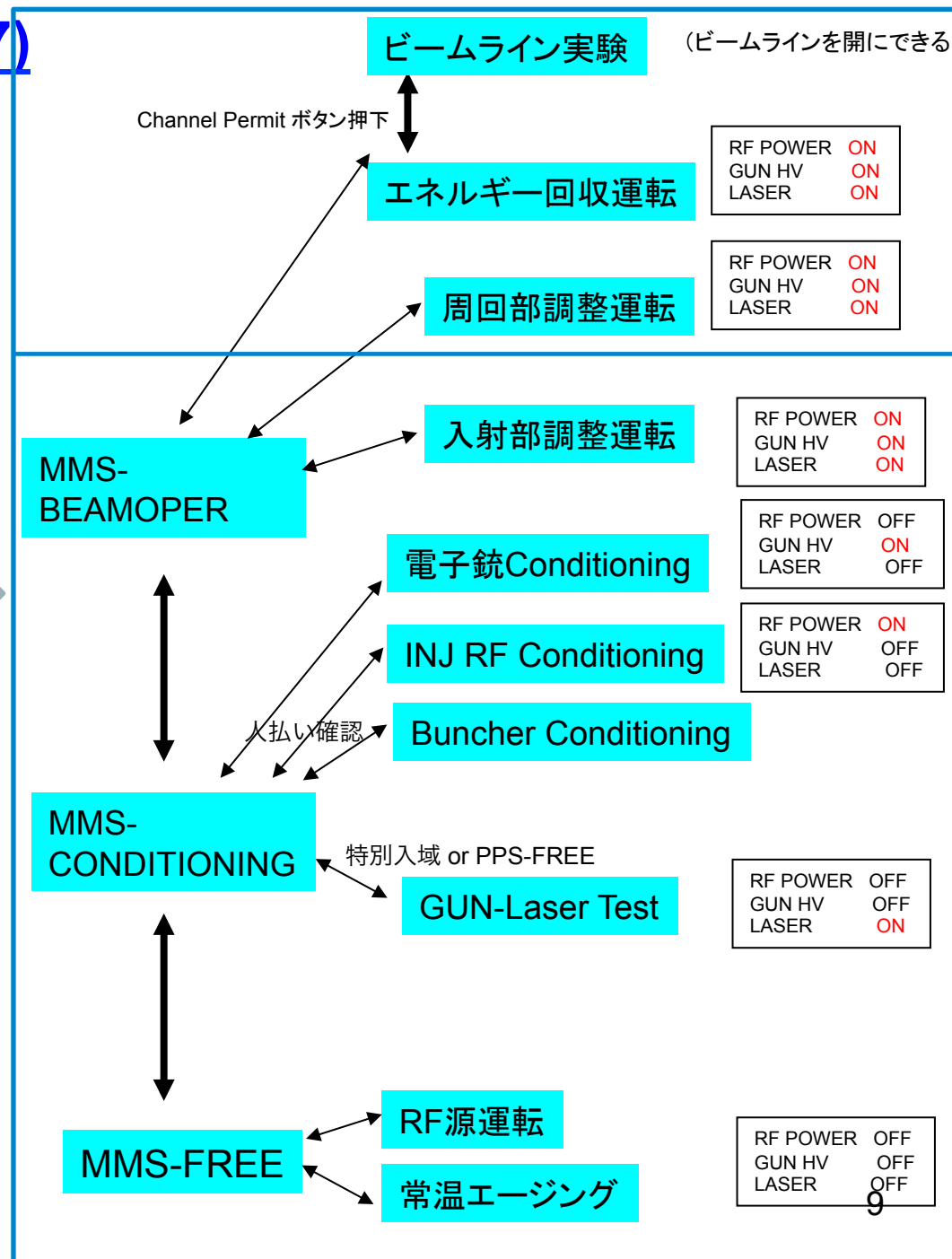
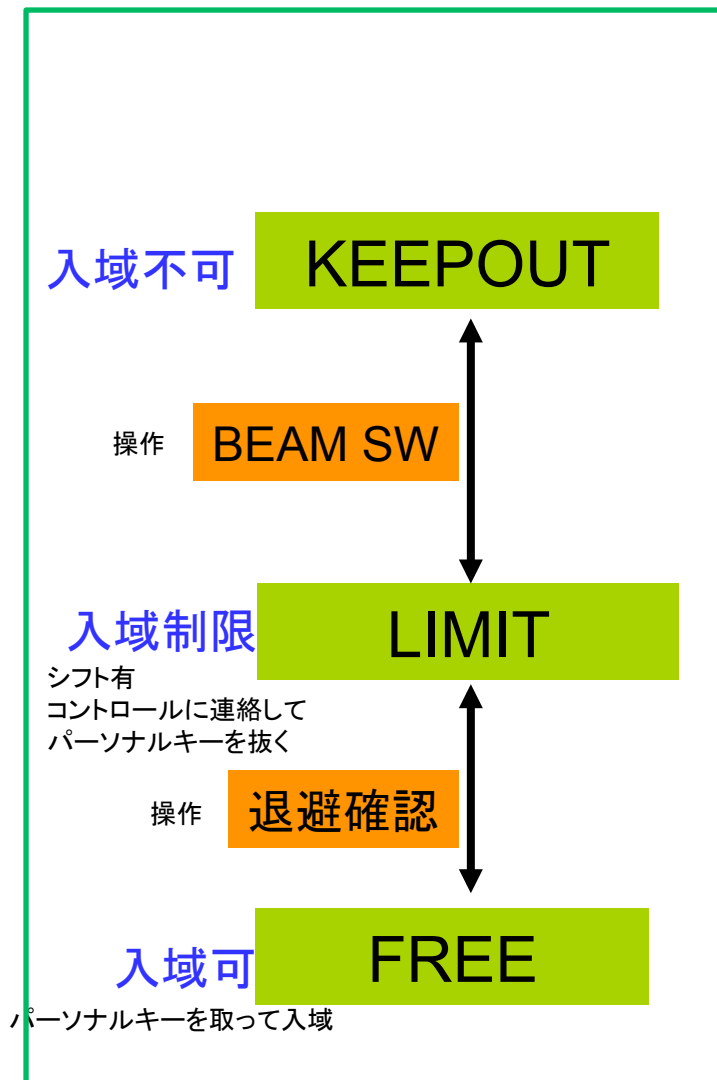


# Status&Mode案(2012/12/17)

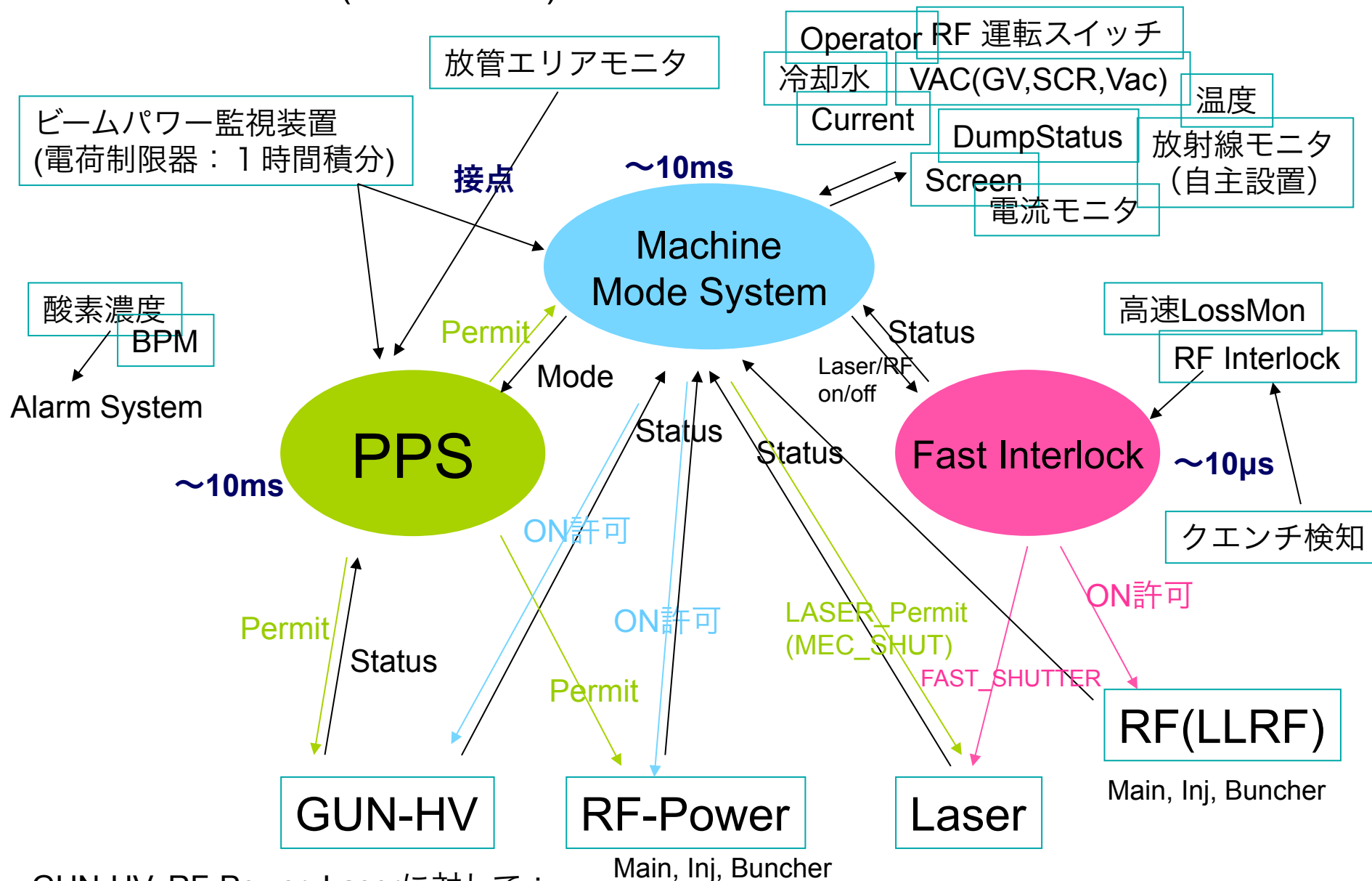
: MMS-Mode

: PPS-Status

Mode, Status情報は  
HardWireでやりとり

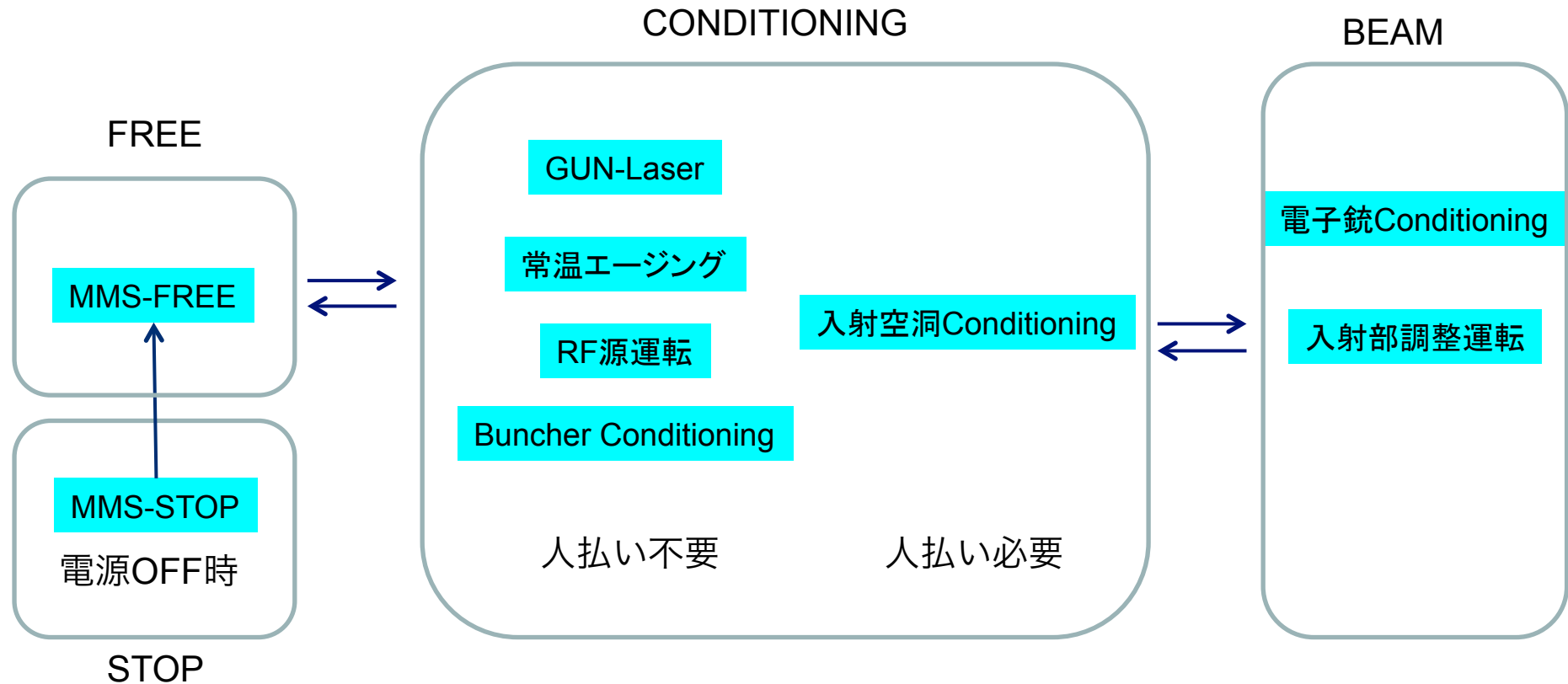


# cERLマシンモード案(2013/04/02)

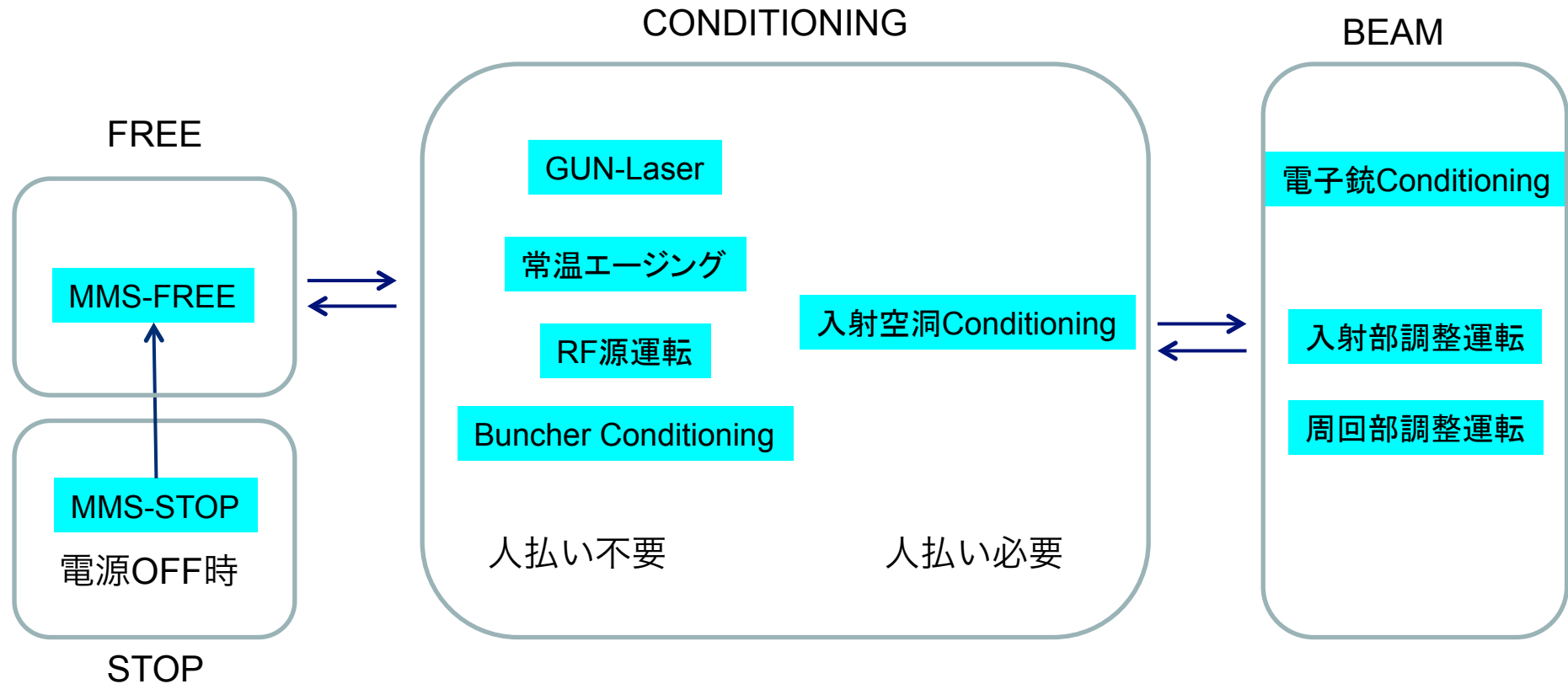


GUN-HV, RF-Power, Laserに対して：  
 PPSは状態を監視し、Permit信号を出す。MMSから ON/OFF制御。  
 (Permitが落ちれば当然OFFになる)

# Machine Mode(2013/03/11)



- FREE → CONDITIONING : モード変更要求 (EPICS経由)  
FREE ← CONDITIONING : モード変更要求 (EPICS経由) (or 無し (電源断のみ))  
CONDITIONING → BEAM : 1. EPICSからモード変更要求 **&&BEAMREQ\_BUTTON**  
2. MMS→PPSにBeamOnRequest送信  
3. 成立すれば PPS KEEPOUT==1  
4. その後、MMS\_BEAM==1  
CONDITIONING ← BEAM : モード変更要求 or PPS KEEPOUT==0



- FREE → CONDITIONING : モード変更要求 (EPICS経由)  
FREE ← CONDITIONING : モード変更要求 (EPICS経由) (or 無し (電源断のみ))  
CONDITIONING → BEAM : 1. EPICSからモード変更要求 **&&BEAMREQ\_BUTTON**  
2. MMS→PPSにBeamOnRequest送信  
3. 成立すれば PPS KEEPOUT==1  
4. その後、MMS\_BEAM==1  
CONDITIONING ← BEAM : モード変更要求 or PPS KEEPOUT==0

# 検討事項

- 電子銃コンディショニングの条件
  - BEAMモードのみにすると、立ち上げのときに不便か？
- Laser運転、Buncher Conditioning、常温エージング、電磁石通電など、各種機器の動作条件にMMSをきっちりと組み込むかどうか？
  - 現状では、毎週の打ち合わせでスケジュールを決めてやってきた
  - 組み込まないならば、各グループごとに現在どのような作業・運転をしているかを表示するのみになる。これはホワイトボードに書くのとあまり変わらない。（居室から見えるかどうかくらい。しかもその作業をやっているという保証もないので、あまり意味がない。）
  - ビーム運転ではないのでこれらの条件を入れる必要は無いという考え方もある
  - 当面は、“入れ物”は用意するが、制限するかどうかは今後検討するという方針にしたい。

# 入射部・診断部運転時 (Beam Mode)

- SubModeは排他(0-255の数値で表現する)
- EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ の数値を見て移行
  - 原則的に数字の大きい方が大パワー
  - 0からスタート
  - 6月までの運転では20番台のモードまで**を実装する**
- モード成立結果は MMS:SUBMODE\_BEAM に格納
- 成立条件が崩れた場合、SUBMODE=0にしてLaserOff

0:	No Beam
1:	Beam Operation Ready
10:	InjTuning_Burst_LowCur_areaGA
11:	InjTuning_Burst_LowCur_areaGE
20:	InjTuning_CW_areaG2A (reserved)
21:	InjTuning_CW_areaGE
22:	InjTuning_CW_area2_HighPower
30:	周回部調整_Burst
40	周回部調整_CW
100:	エネルギー回収_LowCur
110:	エネルギー回収_HighPower

## 入射部運転でのモードは....

- EPICS側では常時Burst・低電流モードに設定して運転したため、GVやスクリーンモニタの出し入れにMMSから制限を加えることをしなかった

# 周回部モード検討へむけて

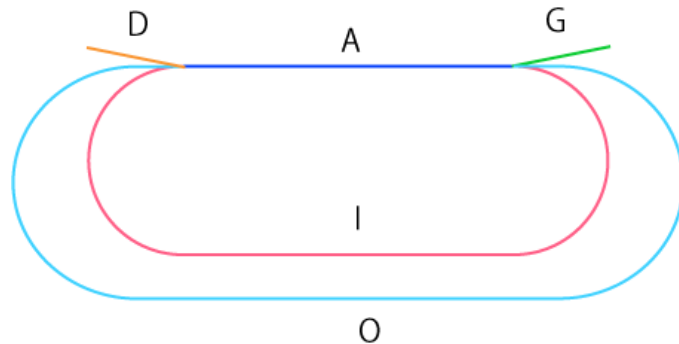
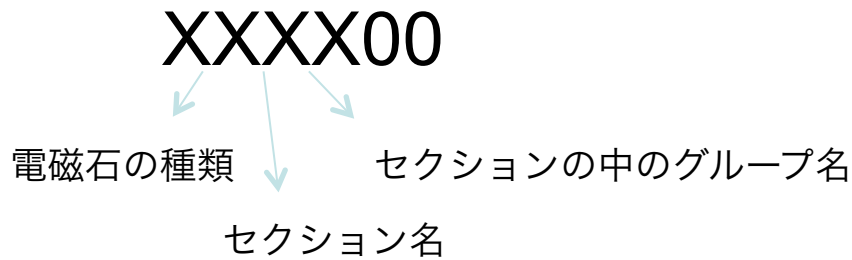
- レーザーステータス(ビームパワー)の取り込み強化
  - 設定とモニタの両方から制御
  - 電子銃電源のモニタも併用する。平均パワーのモニタには有用。
- 放射線関連強化
  - 加速器室内エリアモニタ追加(12台)
    - 数値はRS232C経由で読み込み
    - インターロック出力は接点で
    - 閾値は適宜決定する
    - 自主検査対象
  - 放管管理の Yellow/Orange 3台追加
    - 瞬間値を出すことが出来るかどうかを問い合わせる
    - 発報したとき:MMSはRF高圧を落とす(Laser/LLRF停止も同時)PPSでは Keepout-> Limit に移行するのみで、高圧は落とさない
    - 自主検査対象
    - 閾値を変えることは(おそらく)出来ない。20uSv/h



# これから先の作業

- 各モードにおいて、項目の洗い出し
  - 許可される操作
  - モードが成立しなくなる条件
- 診断部運転時の条件をもとにする。
  - 未実装のものが多い
  - スリット(スクレーパ)のステータス取り込み
  - スクリーンモニタのステータス取り込み(Hardwire)と、制御禁止ロジック
  - RF OFF にする条件の洗い出し(放射線Interlock以外は無し?)
  - 電荷制限
  - 振り分けBendの電源
  - 電磁石電源ステータスの取り込み
  - その他。。。。。。。。。

# 電磁石・セクション名 (周回部)



電磁石の種類	省略
偏向電磁石	BM
4極電磁石	QM
6極電磁石	SX
ソレノイド	SL
バンチャー	CB
超伝導加速空洞	CS
ステアリング1	ZO
ステアリング2	ZC

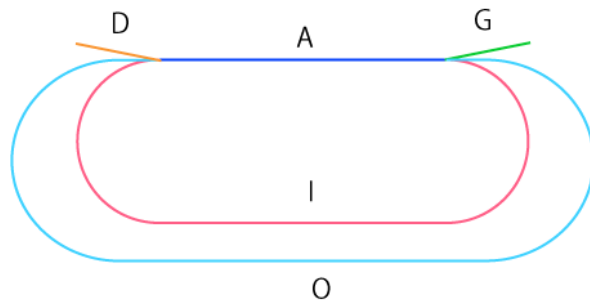
注釈  
 ステアリング1: QMと独立  
 ステアリング2: QM等に付属

セクション	G (gun)	A (accel.)	I (inner )	O (outer )?	D(Dump) E (external)?
-------	---------	------------	------------	-------------	-----------------------------

# グループ名

XXXX00

↓ ↓  
 ↓    セクションの中のグループ名  
 ↓    セクション名



セクション	グループ名
G (gun)	入射部が担当
A (accel.)	G 合流部付近 C 空洞付近 M アーク付近(マッチング) D 取り出しシケイン
I (Inner)	M アーク付近(マッチング) F アーク内(行き) R アーク内(帰り) L 直線部 未定 Compton散乱付近
O (outer)	未定
D	P ダンプライン

# 周回部運転 (Beam Mode)

- 成立条件が崩れた場合、SUBMODE=0にしてLaserOff

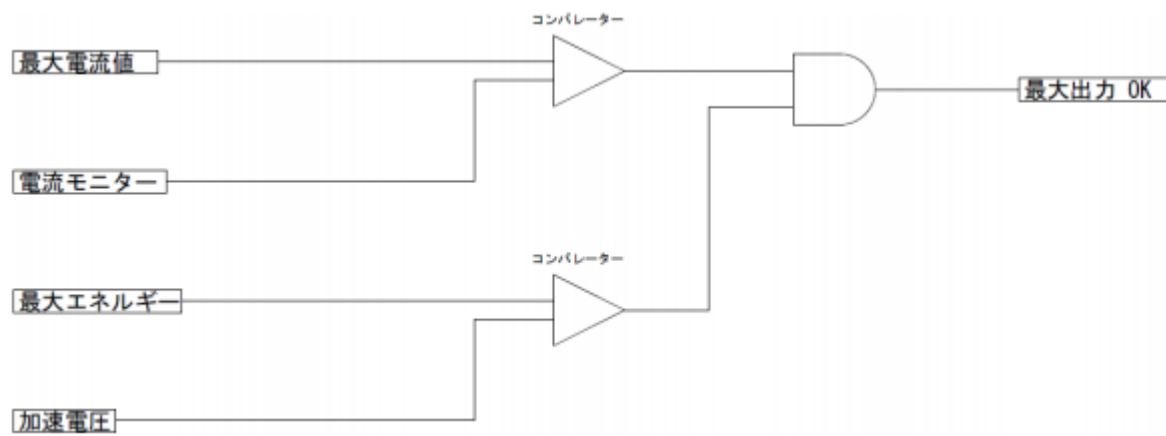
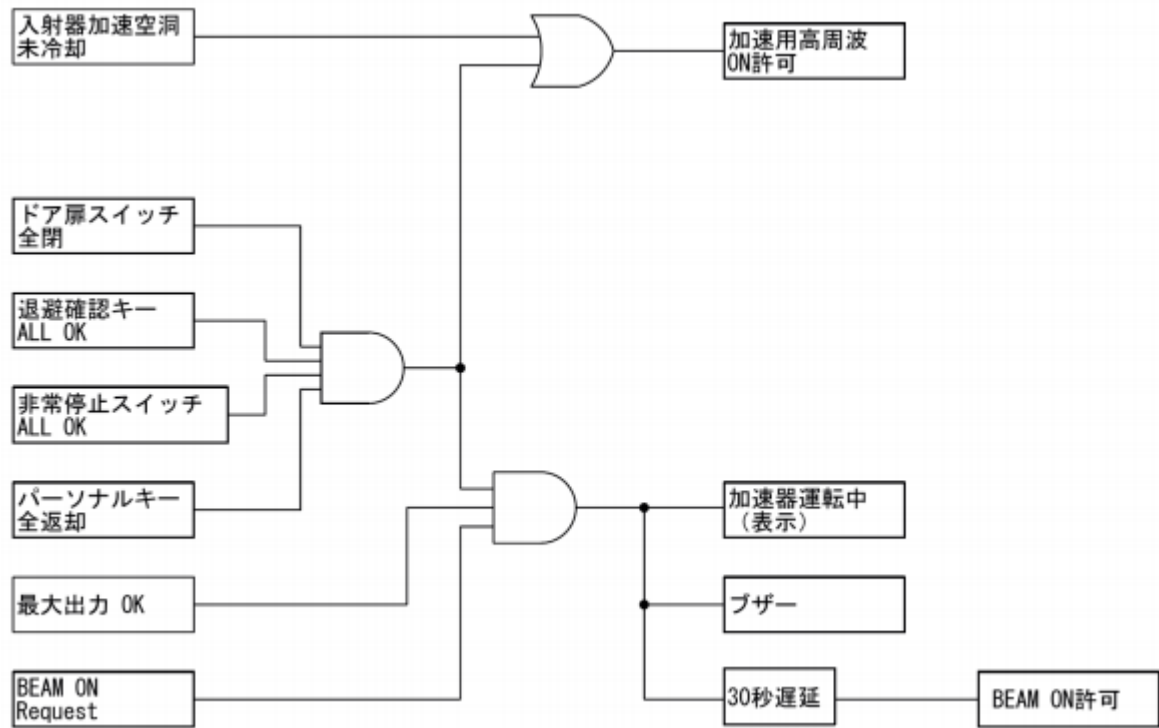
0:	No Beam
1:	Beam Operation Ready
10:	InjTuning_Burst_LowCur_areaGA
11:	InjTuning_Burst_LowCur_areaGE
20:	InjTuning_CW_areaA (reserved)
21:	InjTuning_CW_areaGE
22:	InjTuning_CW_areaGE_HighPower
30:	周回部調整_Burst_areaAL 周回部調整_Burst_areaAI 周回部調整_Burst_areaAD
50:	周回部調整_CW_LowCur_areaAL 周回部調整_CW_LowCur_areaAI 周回部調整_CW_LowCur_areaAD
70:	Inner_エネルギー回収_LowCur
80:	Inner_エネルギー回収_HighPower

拡張の余地

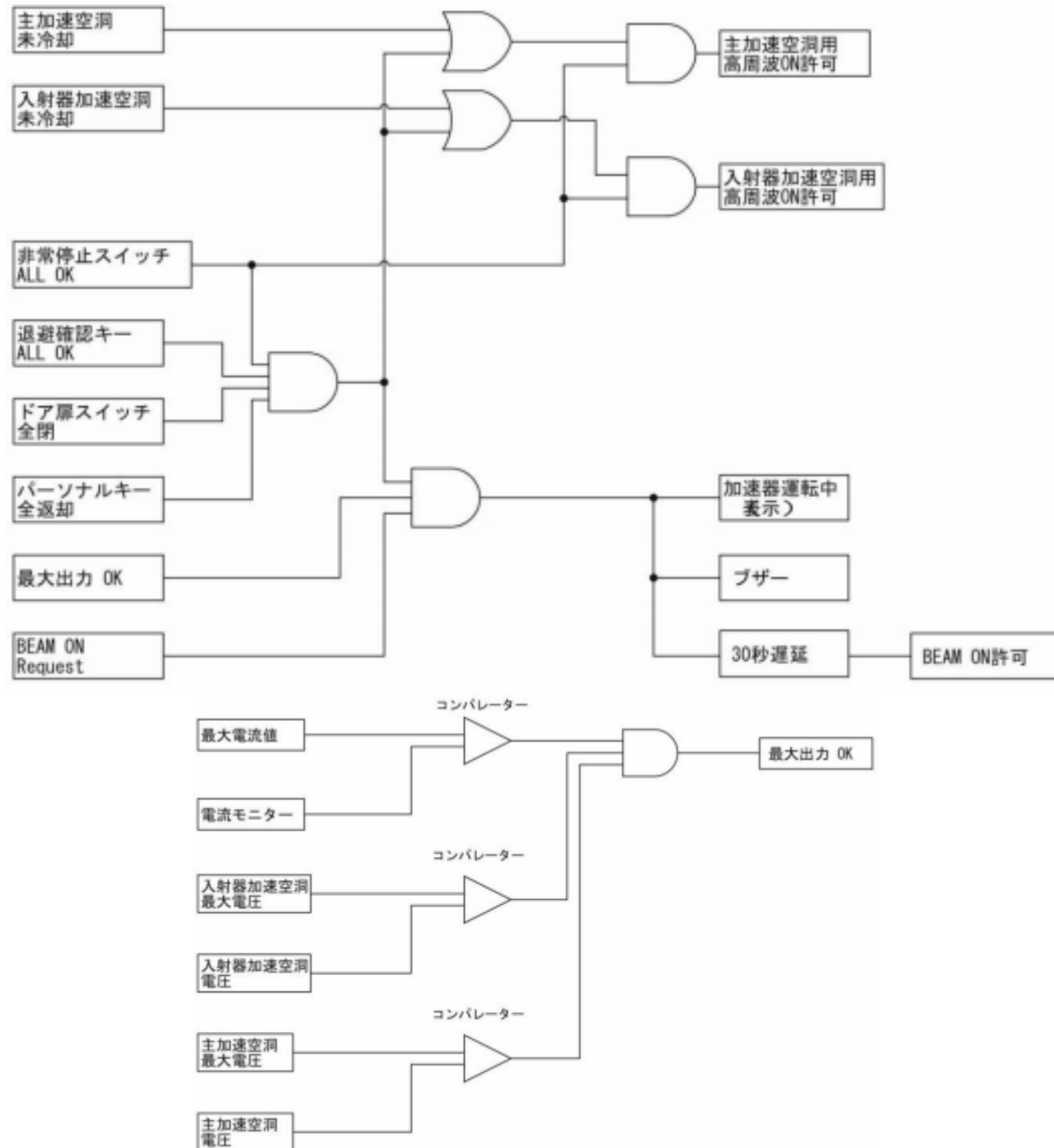
- LCS Tuning
- LCS Experiment
- Outer Loop

backup slides

# PPS入射部



# PPS周回部



# BEAM; SubMode==0

- SubMode=0 : No Beam

- モード成立条件

- MMS:MODE==3 (BEAM)  
and  
{  
– ~~EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ == 0~~  
or  
– ~~MMS:SUBMODE\_BEAM=0~~  
}

上位のサブモードから遷移  
あるいは  
MODE=2(Conditioning)からの遷移

- モード成立後に実行する動作

- ~~EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ == 0~~ ← ソフト(EPICS)からくる要求を0にセット
- LASER:ELE\_SHUTTER\_PERMIT == 0
- LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT == 0

- memo

- MMS:SUBMODE\_BEAM=0をフラグとして使用する。リセットはソフトから行き、ビーム運転READY(MMS:SUBMODE\_BEAM=1)に移行(あるいは他のモードの成立条件が崩れた場合にはなんらかのフラグを用意する手もある)



# BEAM; SubMode==1

- SubMode=1 : Beam Ready
  - submode=0から移行してくるのみ。
  - ビーム運転準備可能。出力条件はsubmode=0と同じ。違いはsubmode0は他のモードから移ってきたときと、上位submodeの成立条件が崩れたときに遷移するためのモード
- モード成立条件
  - EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ == 1  
and
  - MMS:SUBMODE\_BEAM=0
- モード成立後に実行する動作
  - LASER:ELE\_SHUTTER\_PERMIT == 0
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT == 0
- モード成立後に許可される動作
  - GUNPS1:HV\_CONT\_PERMIT==1 にして良い(電子銃HV制御許可)
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT == 1にして良い

# BEAM; SubMode==10 (page 1/2)

- SubMode=10 : InjTuning\_Burst\_LowCur\_areaGA
- モード成立条件
  - EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ == 10  
and
  - MMS:SUBMODE\_BEAM > 1 (submode=0からいきなり移行禁止。上位からは移行可)  
and
  - POWLIM:MAXPOWR\_OK == 1  
and
  - VAC:READY ==1  
and
  - MON:LOSSMON\_STAT\_OK==1  
and
  - LASER\_PATTERN\_BURST==1  
and
  - VAC:1STGV\_STAT\_OPEN==0

# 第1GV閉 && BurstMode

- モード成立後に実行する動作
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT == 1
- 成立条件が崩れた場合、submode=0に移行してLaserOFF

# BEAM; SubMode==10 (page 2/2)

- MMS:SUBMODE\_BEAM==10が成立した場合に許可される操作
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_STAT\_OPEN==1ならば、EPICS:LASER\_ON\_REQ==1のときにLASER:ELE\_SHUTTER\_PERMIT=1に設定する

# BEAM; SubMode==11 (page 1/2)

- SubMode=11 : InjTuning\_Burst\_LowCur\_areaGB2E
- モード成立条件
  - EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ == 11  
and
  - MMS:SUBMODE\_BEAM > 1 (submode=0からいきなり移行禁止。他からは移行可)  
and
  - POWLIM:MAXPOWR\_OK == 1  
and
  - VAC:READY ==1  
and
  - MON:LOSSMON\_STAT\_OK==1  
and
  - LASER:PATTERN\_BURST==1  
and
  - VAC:ALLGV\_STAT\_OPEN==1
  
  - VAC:SCREEN\_STAT\_IN== any

# BEAM; SubMode==11 (page 2/2)

- モード成立後に実行する動作
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT == 1
- 成立条件が崩れた場合、submode=0に移行してLaserOFF
- MMS:SUBMODE\_BEAM==11が成立した場合に許可される操作
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_STAT\_OPEN==1ならば、EPICS:LASER\_ON\_REQ==1のときにLASER:ELE\_SHUTTER\_PERMIT=1に設定する

# BEAM; SubMode==20

- SubMode=20 : InjTuning\_Burst\_LowCur\_areaGA
  - 基本的にはこのモードは無いはずだが、将来の拡張のため番号をreserveしておく

# BEAM; SubMode==21 (page 1/2)

- SubMode=21 : InjTuning\_CW\_LowCur\_areaGB2E
- モード成立条件
  - EPICS:SUBMODE\_BEAM\_REQ == 21  
and
  - MMS:SUBMODE\_BEAM > 1 (submode=0からいきなり移行禁止。他からは移行可)  
and
  - POWLIM:MAXPOWR\_OK == 1  
and
  - VAC:READY ==1  
and
  - MON:LOSSMON\_STAT\_OK==1  
and
  - VAC:SCREEN\_STAT\_IN==0  
and
  - ALLGV\_OPEN  
and
  - LASER\_PATTERN\_BURST==0

# BEAM; SubMode==21 (page 2/2)

- モード成立後に実行する動作
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT == 1
- 成立条件が崩れた場合、submode=0に移行してLaserOFF
- MMS:SUBMODE\_BEAM==21が成立した場合に許可される操作
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_STAT\_OPEN==1ならば、EPICS:LASER\_ON\_REQ==1のときにLASER:ELE\_SHUTTER\_PERMIT=1に設定する



# BEAM; SubMode==22

- 現時点ではSubMode==21と区別無し
- 秋以降にビームパワー制限がかかる場合に使用する

## その他: Mode問わず動作

- RAD:MONITOR > threshold のとき
  - LASER\_OFF
  - GUNPS1:HV\_CONT\_PERMIT == 0
- MPS\_RADMON > threshold のとき LASER\_OFF
- RAD:MONITOR\_STAT\_OK==0 or PPS:RADMON\_OK==0 のとき、
  - LASER:MEC\_SHUTTER\_PERMIT==0
  - LASER:ELE\_SHUTTER\_PERMIT==0
  - GUNPS1:HV\_CONT\_PERMIT == 0

# その他

- グループ間の信号受け渡し
  - 空洞冷却中信号 → 真空へ
- Bending Magnet が落ちているときの対応
  - 大強度ビームでは真空リークの可能性もあるので対応する必要があるが、2012年度末の段階ではMMSによるチェックは無し。アラームにはいれてオペレータに注意するのみ。



# Case Study 1 : GUN-Laser

- 外部からの入力
  - 機械シャッター： レーザー光路の最終段に設置 (PPS, MPS両方から)
  - 電気シャッター： レーザー室内の最後(MPSから)
  - パルス切り出し： レーザー室内。ビームパターン整形用。

mode	PPS	電子銃HV	機械シャッター	電気シャッター
Laser停止	Any	ON/OFF	CLOSE	OPEN/CLOSE
Laser単独調整	Any	ON/OFF	CLOSE	OPEN/CLOSE
Laser光路調整	Any	OFF	OPEN	OPEN/CLOSE
Laser運転	Any	ON/OFF	OPEN/CLOSE	OPEN/CLOSE

- Laser単独調整モード：
  - 最終段の機械シャッターが閉まっているときは他の装置のステータスは関係しない (Laser停止と区別なし)。
- レーザー光路調整モード：カソードに当てる状況
  - 電子銃HV OFF のときのみ機械シャッター Open 可能
  - シールド内に入って調整する
  - 成立条件にRF-Power OFF も必要か？ (PPSで担保されていれば不要か)

## Case Study 2 : 電子銃電源

- ローカル制御器 (PLC)
  - PPSからPermit信号が必要 (Hardwireで読み込み)
  - ローカル制御はPLCが行い、真空インターロックや、PPSからの信号などをさばく (個別機器のインターロック)。
  - 個別試験をするときには機器に対して直接HV ON 信号を出せる。
- 他のシステム (Operator/EPICS含む) はMMSに対してHV ON Requestを出す
- MMSは他の機器の状態を見てONできる状態であれば HV-ON 信号を出す (Hard Wire)
- Local からONした場合や、MMSからONした場合に関わらず、HV ON できる条件(Gun HV Conditioning/入射器調整運転)がくずれた場合、MMSからのON Request を落とす。これはLocalからのON Request よりも優先度が高い (or同等) 必要がある。

# Case Study 3 : 真空機器

- ローカル制御器 (PLC)
  - 真空が悪くなったらGVを閉める、などのロジックはこのPLC内部で処理
- VAC → MMS
  - VAC Ready (空洞上流のGVを除き、すべての機器がビームOK状態)
    - 真空度、冷却水流量、冷却水温度、チャンバー温度など
  - SC-GV Status
  - ALL GV Status
- MMS → VAC
  - SC-GV\_Open Request
    - Operator はMMSを通して真空のPLCがSC-GVを開ける？
  - 空洞冷却中信号は必要か？
- VAC Ready が落ちたら、
  - LaserOFF (電気、機械の両方)
- スクリーンモニタ使用可能条件
  - ビーム調整モード && (Beam Pattern == Burst ) && 最大電流以下
- 可動ダンプを入れる条件
  - ビーム調整モード && 最大電流以下

# 冷凍機

- 冷凍機→LLRFに対してクエンチ検出したとき：担当者中井、中西
  - RF-OFF, RF-HV-OFF, Laser-OFFとする
  - GUN-HV、GVはそのままで良いか？
  - 圧力信号を受け取って検出
  - どうやってテストするかも検討



# その他

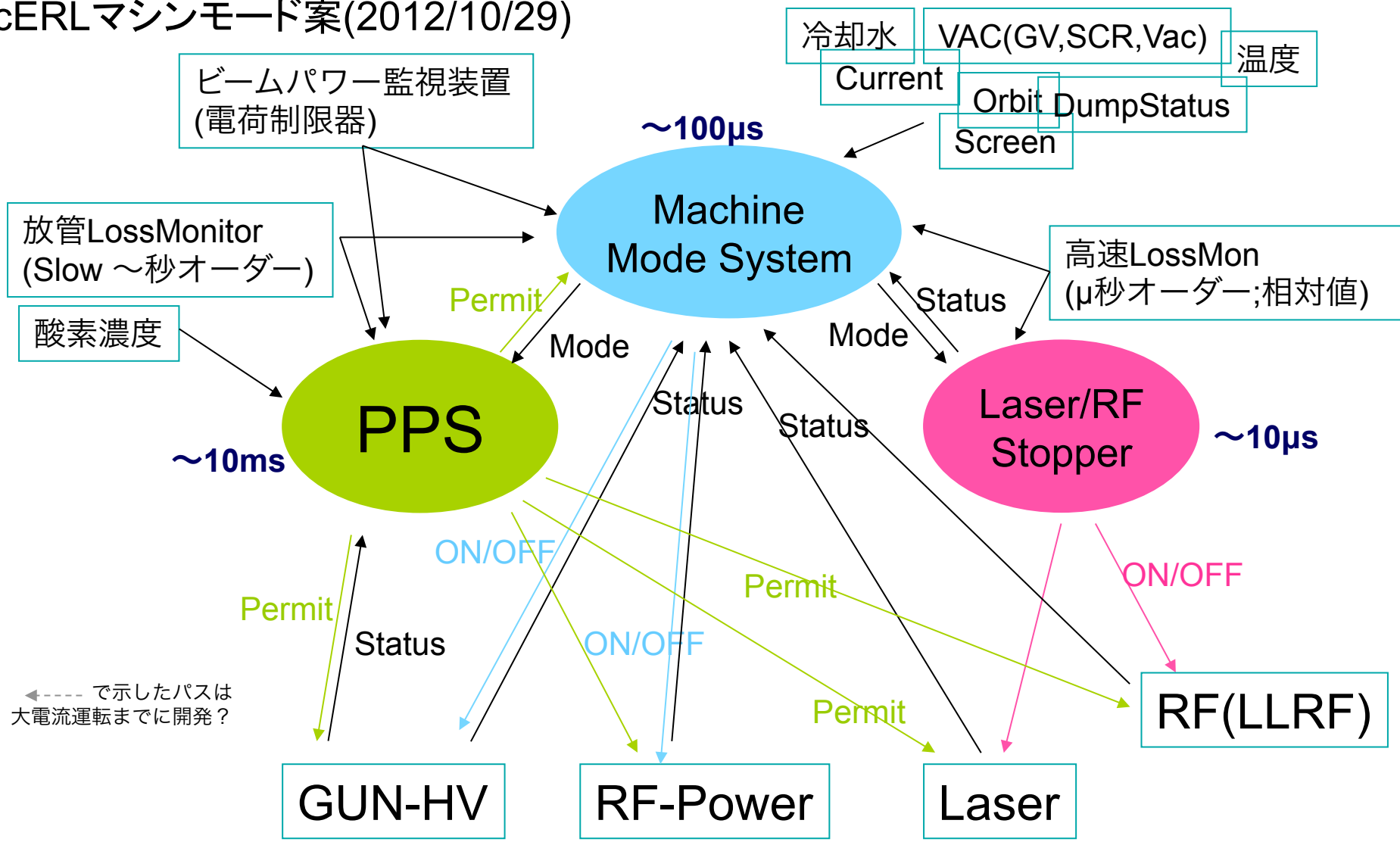
- 他のシステムから
  - Laser OFF, RF-OFF, RF Power-OFF, GUN-HV OFF, GV-Close 等の要求はどれくらいあるか？
- 入射SC空洞両端のGVについて：上流側のGVが閉じているときにビームを出しても良いか？
  - 上流部調整中にはGVを閉じておきたい？
  - 4月からの運転に限ってはOK？
- 4月からの運転では電流値が低いので、CWモードでScreen Monitorを入れるのはアリか？
  - 放射線レベルの監視は当然として
- 診断部のBendを入れる必要性は？
  - 春の運転ではMMS-PEに入れる程度で十分だろう
  - 診断部のスクリーンやDump電流モニタなどもMMS-PE（EPICS経由）を想定

# Backup slides

# マシン保護インターロック

- Soft Interlock : EPICSレベルでのインターロック制御
- Personnel Protection System (PPS)
  - PLCを使用。パーソナルキーによる管理など。
  - 応答速度10ms以上 (20~30ms以内) : 低速LNet等
  - 確実に動作することが重要
- Machine Protection System (MPS)
  - 中速 (200 $\mu$ s ~ 10ms 程度) 100 $\mu$ sを目指していたが、困難
    - 加速器の運転モードを表現したい
    - 高速インターロックを流用した場合、各モードごとに1本の線が必需となる。すこしオーバースペック。 高速MPSで全てカバーする?
    - 入出力：リレー (接点)、TTL、(NIM?)、DC電圧 (1,5,12,24V) など?
    - 加速器内をリングネットワーク構成。途中が切れたら全部落とす。
  - 高速 (数10ナノ秒~100マイクロ秒程度)
    - 秋山インターロックで実現
    - J-Parc MPS, STFなどでの実績あり。LLRF導入済み

# cERLマシンモード案(2012/10/29)



GUN-HV, RF-Power, Laserに対して：  
 PPSは状態を監視し、Permit信号を出す。MMSから ON/OFF制御。  
 (Permitが落ちれば当然OFFになる)

