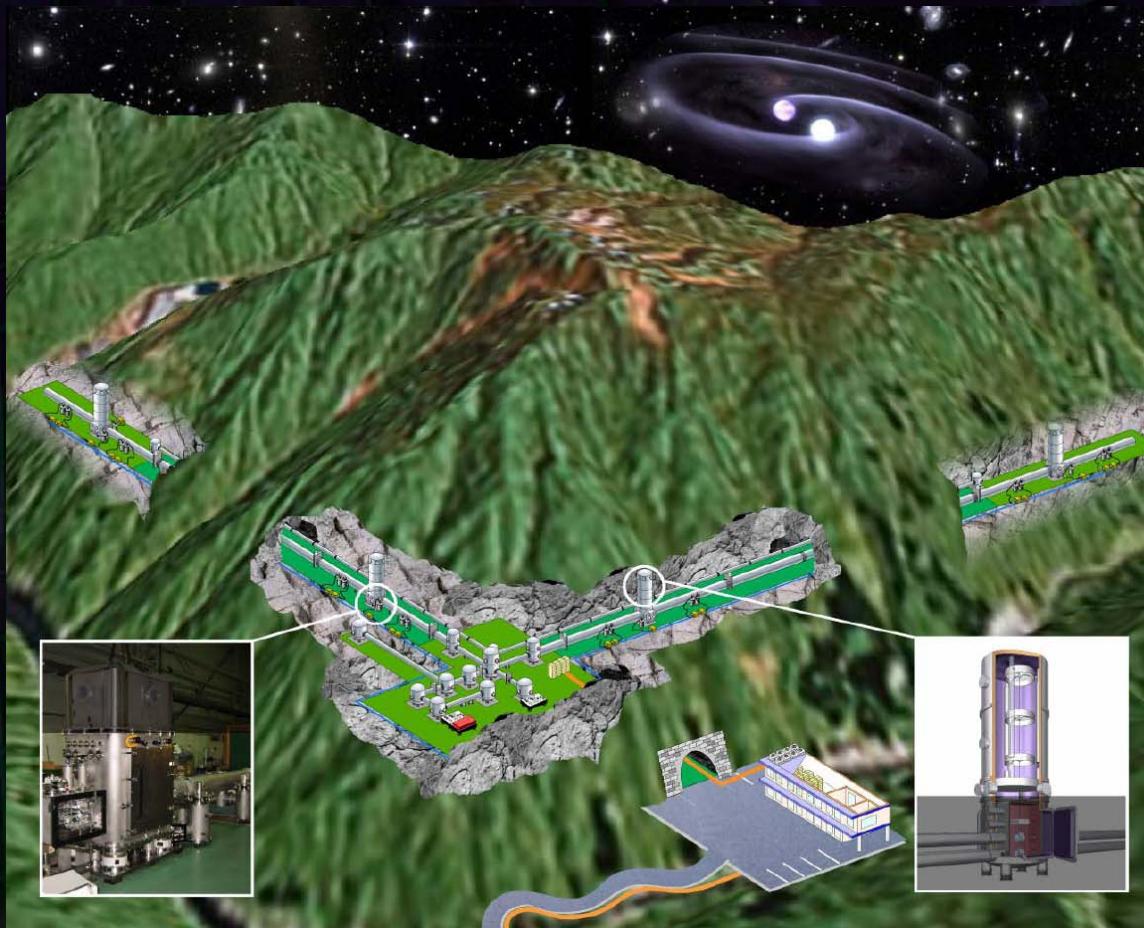


Special working group for LCGT Roadmap



Masaki Ando
(Department of Physics,
Kyoto University)

On behalf of LCGT
special working group

ロードマップ会議

2011年4月20日

議題

External review の結果の復習.

制約条件・状況の復習.

ロードマップ特別作業部会の議論方針.

防振系方針 --- 前回からの継続議論.

途中時点での感度評価.

External Review Comments

iLCGT, 防振系に関するコメント

- iLCGTでテストマスにType-B防振系を使用すること。
TAMA SASの経験と実績を最大限に利用し, 技術リスクを低減する,
という意図.
- Type-B防振系のfull scale testを至急に実施すること.
事前にはほぼ完全な試験を完了させることで現地での作業負担を
できるだけ低減し, LCGT計画全体に対するスケジュールリスクを
低減する, という意図.
- 中途半端な防振系のインストールはやめ, 完成形をインストールする.
無駄を減らし, bLCGT全体まで含めたスケジュールをリスクの
少ないものにするという意図.
- トンネルの2層構造をやめ, 大きなホールにする.
テストマス位置 の変更や大規模防振系など, 将来の拡張性を
担保する, という意図.
ただし, これは, 今から変更される見込みは薄い.

現状での制約条件など

現在までの状況

- ・先端経費を用いたiLCGT用の予算執行(物品の購入)は
2013年度までに完了する.
- ・低温関係を含む物品経費は、高度化経費として獲得を目指す。
早くて2015年度から使用可能.
- ・2014年9月に「初期観測」を行うという対外的な約束をしている.
これは、外部からの要請ではなく、LCGTグループが示した方針.

それに加えて、以下の状況がある

- ・国の予算認可の都合で本年度からのトンネル掘削工事・施設整備の
開始が遅れる可能性が高い。その場合、2012年度末の時点での
施設整備も全ては完了していない可能性もある。
遅れの度合いなどは未確定。

ロードマップ会議検討方針

- (0) 国の予算承認の都合でトンネル掘削・施設整備スケジュールが遅れる可能性がある。ただし、遅れたとしても、建設のロードマップは遅れに応じて順延とし、大きな流れは変えないようにする。スケジュール短縮できる方策は常に考慮する。
- (1) 2014年9月の「初期観測」を実施する方針は今のところ保つ。ただし、その時点での干渉計コンフィグレーションについては議論の余地を残し、目標を再設定する。その上で、External Reviewでの提言通り bLCGTまで含めたスケジュールを最適化をするように練り直す。2014年9月にiLCGTは完了していなくても良く、iLCGT完了時に再度観測運転を行うことも良しとする。
- (2) トンネル2層化、最終(低温)段階でType-A防振系を使用する、という方針は変えない。一方で、「開発が完了したもののみをLCGTに入れ る」という方針も維持する。

參考資料

External Review Comments (1/3)

Executive Summary

- Project managementによる戦略

1. 低周波数への感度の最適化 (地下・低温の優位性を生かす)

2. システムグループの設立.

サブシステム間インターフェース, 設計要求の配分.

3. 人員の拡充

4. 成熟された技術を少ない変更で使用する方針.

5. 組み上げられたシステムでの早急な試験.

リスクと後からの問題発生を防ぐためのiLCGTのスコープの変更.

6. 後から変えることができない施設に関して, 将来の技術発展と

問題対応のために, 柔軟性と拡張性をもった設計を採択するべき.

External Review Comments (2/3)

Project team, organization, schedule

- iLCGTのスコープを変更することを提案。
iLCGT期間の延長の可能性。
→ bLCGTでのやり直しを減らし、全体としてのリスクと
技術的飛躍を減らす。結果としてbLCGTまで含めた
全体スケジュールを短縮できる可能性が高い。
- iLCGTのスコープを拡大することで、初期観測での天文学的
価値を高めることができる。LIGO, VIRGOでの観測、電磁波
観測を補完できる。

Detector configuration, Roadmap

- iLCGTの段階でType-B防振系を導入すべきである。システムレ
ベルでの評価を行うことで、bLCGTに向けてのリスクを低減できる。
これにより、bLCGTのインストール期間を短縮し、最終感度達成を
早めることができる。

External Review Comments (3/3)

Vibration Isolation

- iLCGTについて暫定的な防振系ではなく, full Type-B防振系を急いで開発するべきである. bLCGTの達成を早めることになる.

Mirror

- 高品質サファイヤ基材の早期の実現に依存しない, オプションを検討しておくべきである. 一つの可能性としてETMだけ冷却するプランもある. この場合, ITMの熱補償システムの開発が必要になる.

Rana's suggestion

I. Organization

- System Engineering/Integration group**が必要**.

II. Phased Commissioning Approach

- 段階的な進め方は**reasonable**
- 中間段階で常温干涉計の感度を高めるべき。
→ 中間段階のaLIGO, Adv. VIRGOに匹敵できる.

III. Individual sub-systems

- Input optics
- Auxiliary optics
- Seismic attenuation system
- Electronics
- Interferometer sensing and control
- Digital controls

Roadmap会議の再定義

ロードマップ特別作業班の位置付けの再定義

- これまで

iLCGT後のbLCGTの進め方を検討する。皆は目前のiLCGTで手一杯なので、より広い視野で将来まで検討する機会を提供する目的。iLCGTは、各サブシステムとExecutive groupにより計画をたてる。

- これから

iLCGTのスコープの検討も行う。

iLCGTの具体的なスケジューリングについては未定。
(おそらく含まれていない)

検討の締めきり 5/14

iLCGTのre-scope

提言の主旨

- iLCGTでやることを増やし、全体としての無駄を低減する。
これによってbLCGTの実現性を高め、早期感度達成につなげる。
iLCGT自体の完了時期は多少延長する。

防振系の組み込み戦略

これまで

iLCGT: Type-A,B,C防振系を組み込むが、フィルター最終段でクランプ。

bLCGT期に、リリース・調整

変更案 → 高橋さんの説明参照。

論点

(1) iLCGT時に防振系の調整までやるか？

(2) 常温時には Test mass用にType-B防振系を用いるか？

低温関連開発戦略

高品質サファイヤミラーに対するバックアッププラン。

iLCGTを延長することで、低温系の開発に余裕ができる???

iLCGTのre-scope

論点

防振系

- (1) iLCGT時に防振系の調整までやるか?
- (2) 常温時には Test mass用にType-B防振系を用いるか?

低温関係

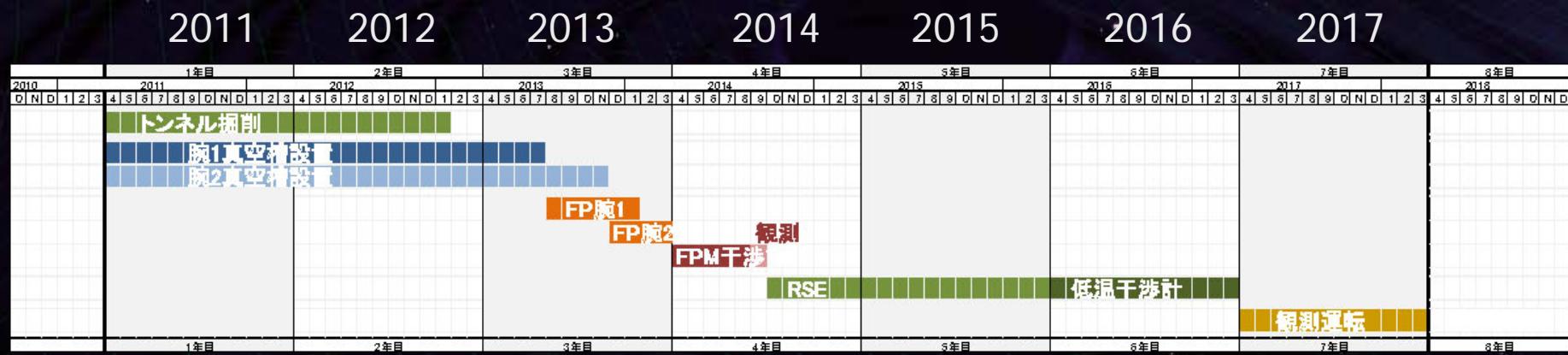
- (3) 高品質サファイヤ鏡に対するバックアッププランの検討.
Half cryogenic, ExRSE, Low-Power option,

プロジェクト

- (4) 一度決められたスケジュールは軽々しく変更すべきではない.
- (5) iLCGT最後(2014.9)に観測を行う, という対外的な約束.
- (6) bLCGTまでの全体スケジュールの最適化.

制約条件と実質的な利点のトレードオフ検討が必要.

Schedule



iLCGT

Tunnel, Vacuum system,
Laser, Input optics,
Suspension,
Fabry-Perot-Michelson
interferometer
Control and DAQ system

bLCGT

Power-recycling, RSE
Cryogenics
Sensitivity and stability

Observation

Master Schedule

- 3 Major stages

Draft for discussion

iLCGT (2010.6 - 2014.9) Stable operation on large-scale IFO

→ 3km FPM interferometer at room temperature,
with simplified vibration isolation system

~1 month (TBD) observation run

bLCGT (2014.10 – 2017.3) Observation run with final configuration

→ RSE, upgraded VIS, cryogenic operation

OBS (2017.4 -) Long-term observation and detector tuning

2011

2012

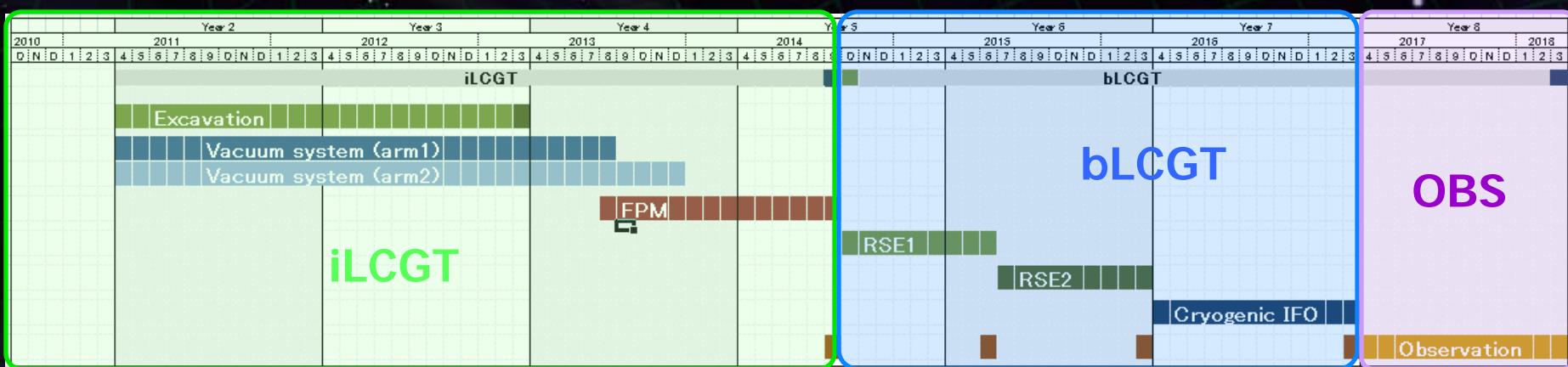
2013

2014

2015

2016

2017



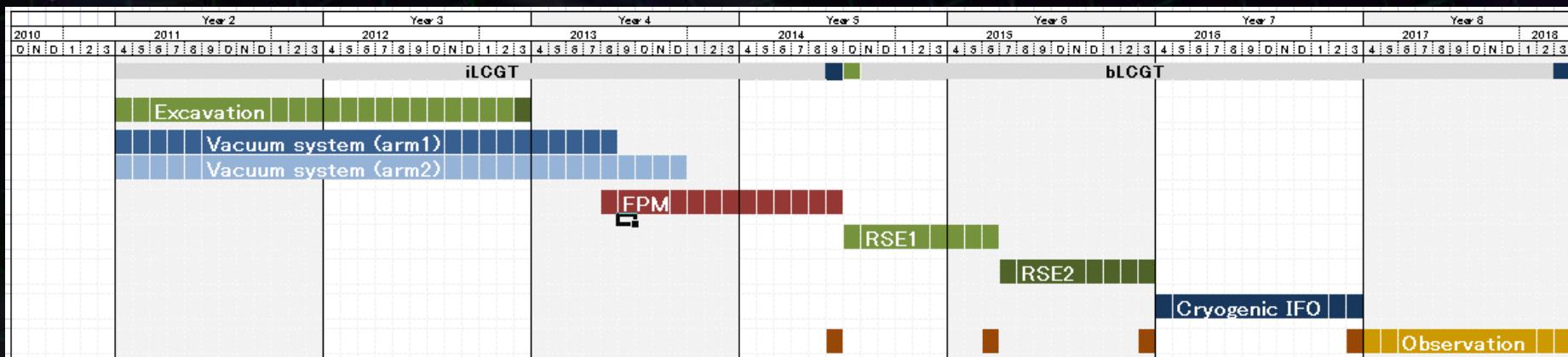
Master Schedule

- 6 Milestones

Draft for discussion

Stage	Phase	Name	Period	Scope
iLCGT bLCGT OBS	0	EAF	2010.6 - 2013.3	Excavation and Facility
	1	FPM	2013.4 - 2014.9	Operation of FPM IFO
	2	RSE1	2014.10 - 2015.6	RSE operation
	3	RSE2	2015.7 - 2016.3	Upgrade of VIS
	4	CRSE	2016.4 – 2017.3	Cryogenic system
	5	OBS	2017.4 –	Observation and tuning

2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017



Inspiral Range

- Observable range for NS binary inspiral

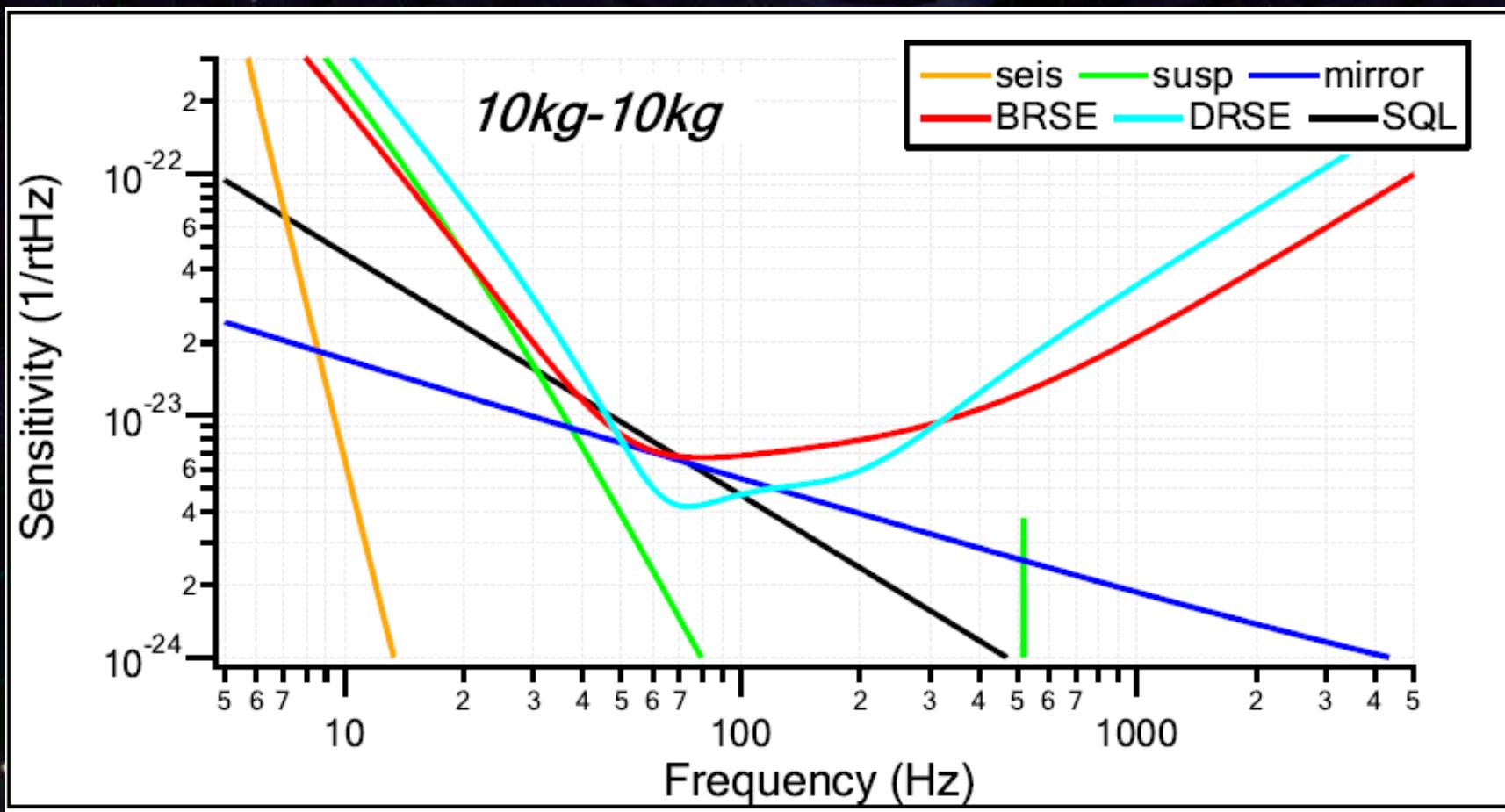
Source at optimal direction
Threshold : SNR 8

		Broadband	Detuned	
FPM	10kg Silica Temp: 300K	74 Mpc	N/A	
RSE2	10kg Silica Temp: 300K	122 Mpc (141 Mpc)	139 Mpc 143 Mpc	⌘ mid. laser pow. ⌘ Full laser pow.
CRSE	30kg Sapphire Temp: 20K	245Mpc	273 Mpc	

感度見積もり

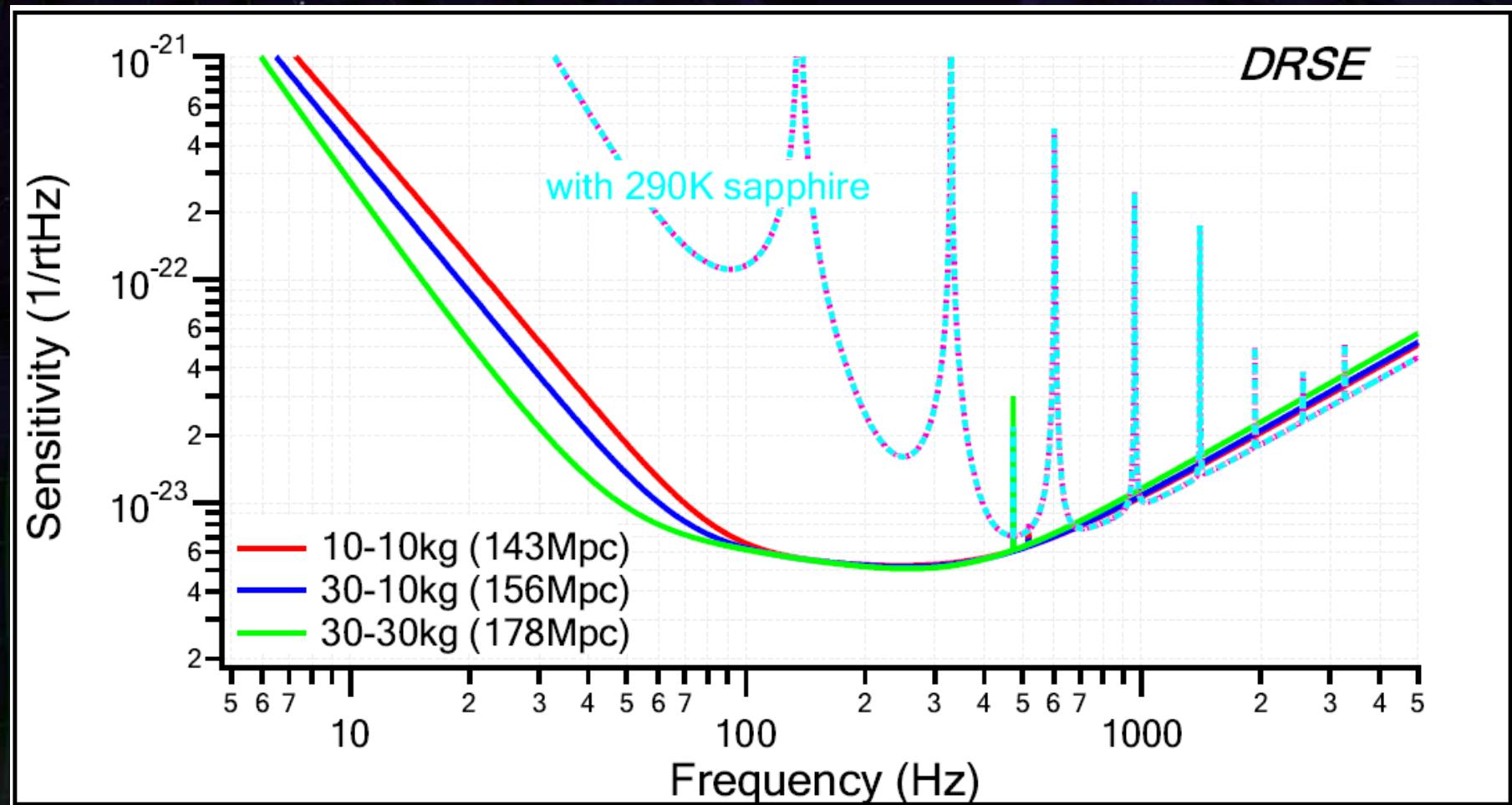
・感度

RSE room temperature, Input 20W, 200W on BS, Finesse 1546,
Inspiral range: BRSE 122Mpc, DRSE 139Mpc (SNR 8, opt.dir.)



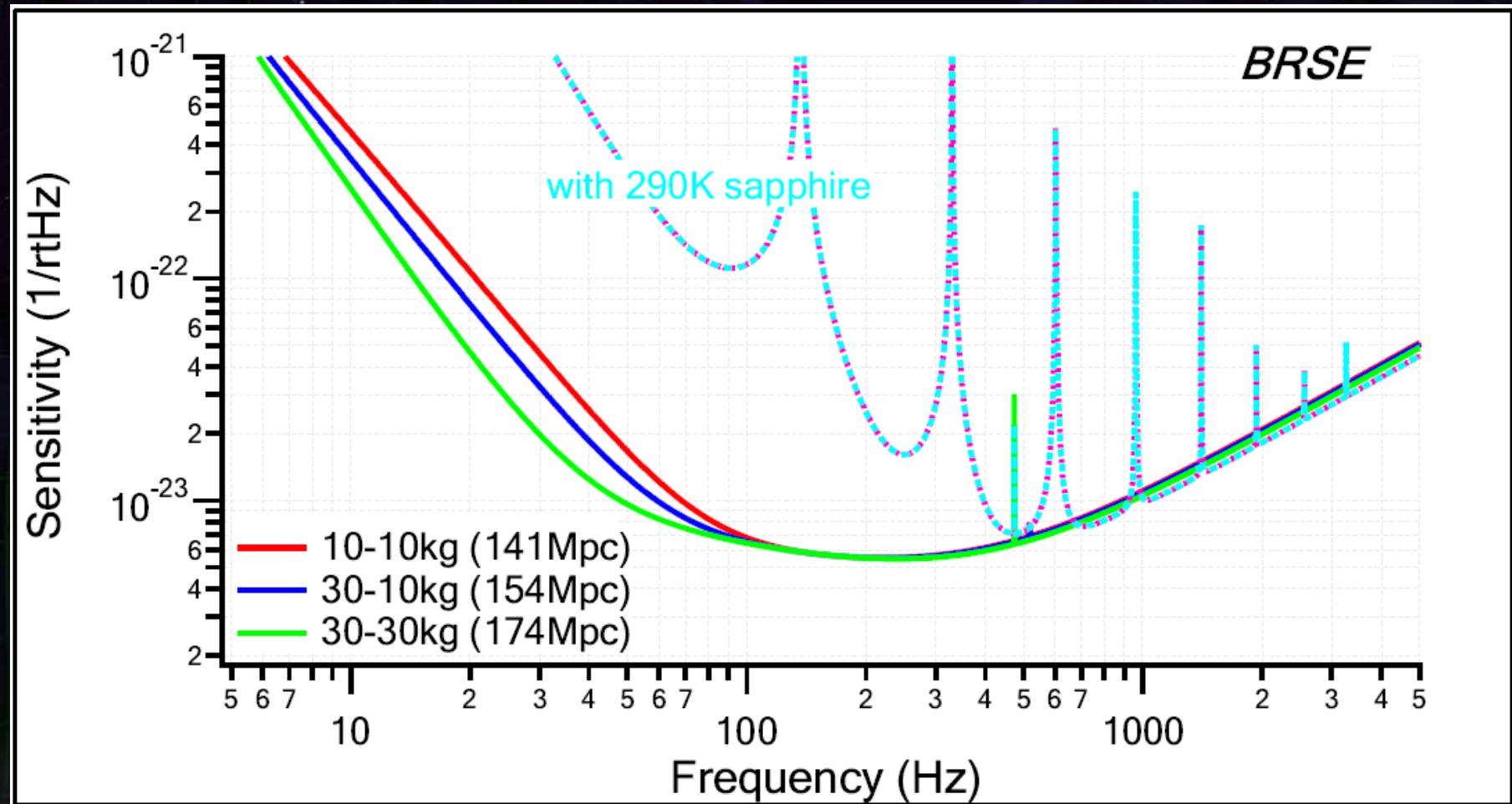
観測レンジ

- ・連星中性子星合体に対する観測レンジ



観測レンジ

- ・連星中性子星合体に対する観測レンジ



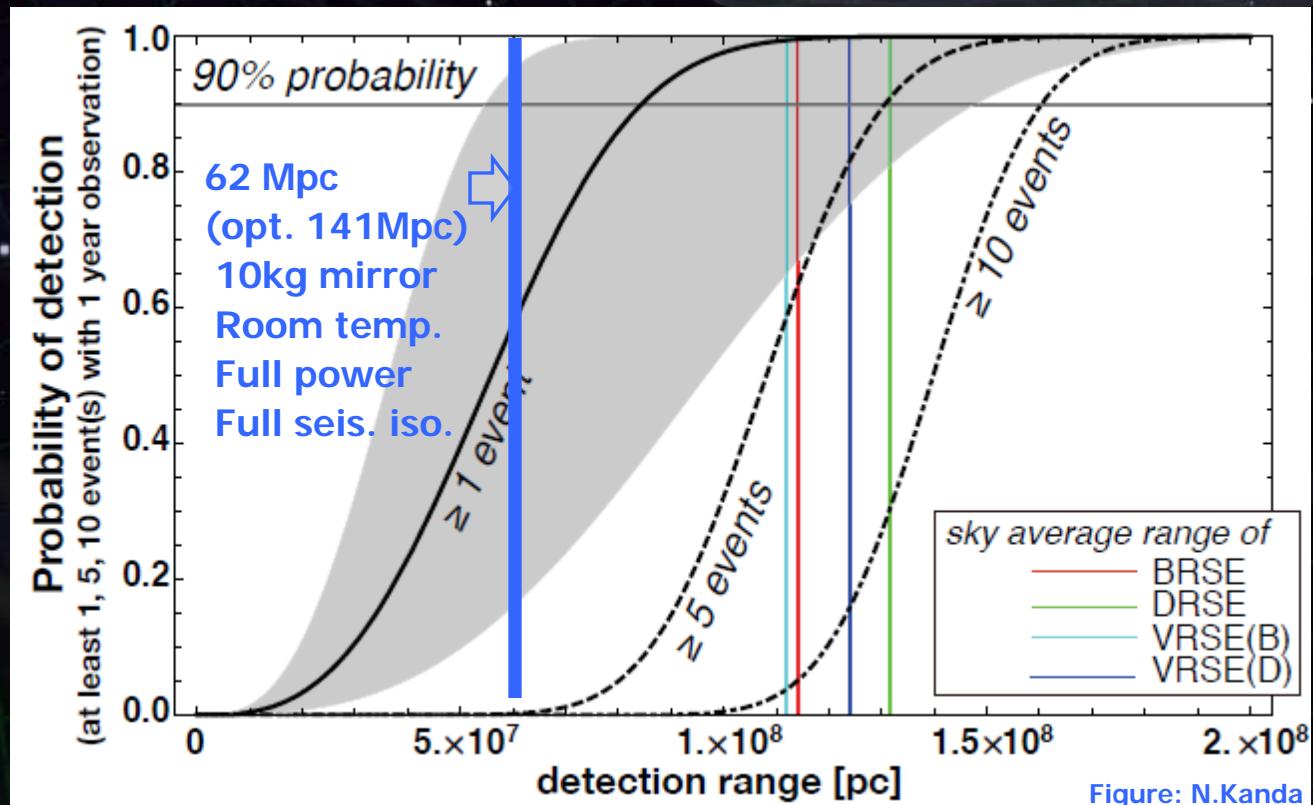
Detection probability

Detection probability
in one-year observation

→ Success probability
of the LCGT project

	IR	DP
BRSE	114 Mpc	99.6 %
VRSE-B	112 Mpc	99.4 %
VRSE-D	123 Mpc	99.9 %
DRSE	132 Mpc	99.9 %

Assume
Poisson distribution



LCGT Roadmap Special working group

Scope

To recommend the roadmap to realize bLCGT;
including design, research, development, performance test,
installation, and shakedown procedures.

Working group task flow

- Collect information
 - Project: definition of LCGT, constraints from budget and schedule
 - Science: observation targets
 - Technical feasibility of each subsystem:
 - technology readiness, development plan, risk factors
- Decide basic policies
- Determine a master schedule of LCGT construction
- Break down to each subsystem schedule
 - ... several iteration
- Summarize a recommendation document

Note

- Schedule and criteria have not been fixed.
 - Under discussion in the roadmap special working group.
 - Recommendation document will be submitted to executive committee.
 - Final schedule plan will be approved in the collaboration meeting.
- Some uncertainties
 - Excavation schedule and budget.
 - Vacuum installation plan.
- Information from subsystems are being summed up
 - Subsystem development plan
 - Risk factor and management plan in each subsystem
 - this external review can be a milestone.

Any suggestions from reviewers are welcome!

Executive summary

Draft for discussion

Executive summary

- First priority in schedule is to achieve the bLCGT observation.
Additional tasks should be minimized.
- Intensive preparations before installation are required for efficient commissioning.
- Recommended master schedule (shown later).

LCGT baseline concept

Purpose: detection of gravitational-wave signal

- ⇒ Primary target --- NS binary inspiral
3km cryogenic RSE interferometer at underground site

Constraints

Financial constraints: first 3-year construction has been approved

Basic policies

Draft for discussion

Basic policies

- LCGT is a big project with responsibility
 - Best effort should be made to maximize scientific results and to keep schedule
- First km-scale interferometer leaded by Japanese group
 - Step-by-step construction and commissioning
- Tight schedule: start observation in 2017
 - Schedule should be optimized for the final configuration
 - *Underground site with poor working efficiency
 - Minimize on-site tasks with off-site preparations
 - *New technologies for large-scale IFO (cryogenics, RSE ...)
 - Should be tested seriously before installation

Success Criteria

Draft for discussion

- Setting success criteria

 - Define the targets of stages and phases

 - Steady construction of the observatory

Trade-off

Strict criteria

- Gain in significance of the project

 - both for outside and inside of the project

 - Clear motivation and sense of responsibility of members

 - Avoid critical time loss

Loose criteria

- Refrain from delay of the project

 - Avoid critical loss of reliance

Success Criteria

Draft for discussion

- iLCGT

Stable operation of an interferometer with a baseline length of 3km at the Kamioka underground site. Completion of observation system, and demonstration of observation runs. Analysis of collected data to search signals from neutron-star inspirals and the other gravitational-wave sources.

- bLCGT

Stable operation of the detector with final designed configuration with all the subsystems implemented. Completion of preparation for long-term observation run.

- OBS

Long-term observation in full configuration with occasional adjustments for improvement. Aiming at utmost scientific results in the framework of international cooperation.

Milestones

Draft for discussion

6 milestones

- **Phase 0: EAF**

Completion of site infrastructure: tunnel and facility.

Be ready for installation of the LCGT detector.

- **Phase 1: FPM**

Stable operation of 3km FPM interferometer at room temp.

Search analysis with data from observation runs.

- **Phase 2: RSE1**

Stable operation with power-recycled RSE configuration.

- **Phase 3: RSE2**

Completion of the LCGT interferometer at room temp.

Milestones (contd.)

Draft for discussion

6 milestones (...contd.)

- Phase 4: CRSE
Stable operation of all subsystems with cryogenic config.
- Phase 5: OBS
Long-term observation run and detector tuning to achieve meaningful sensitivity and stability for scientific results.

Subsystems

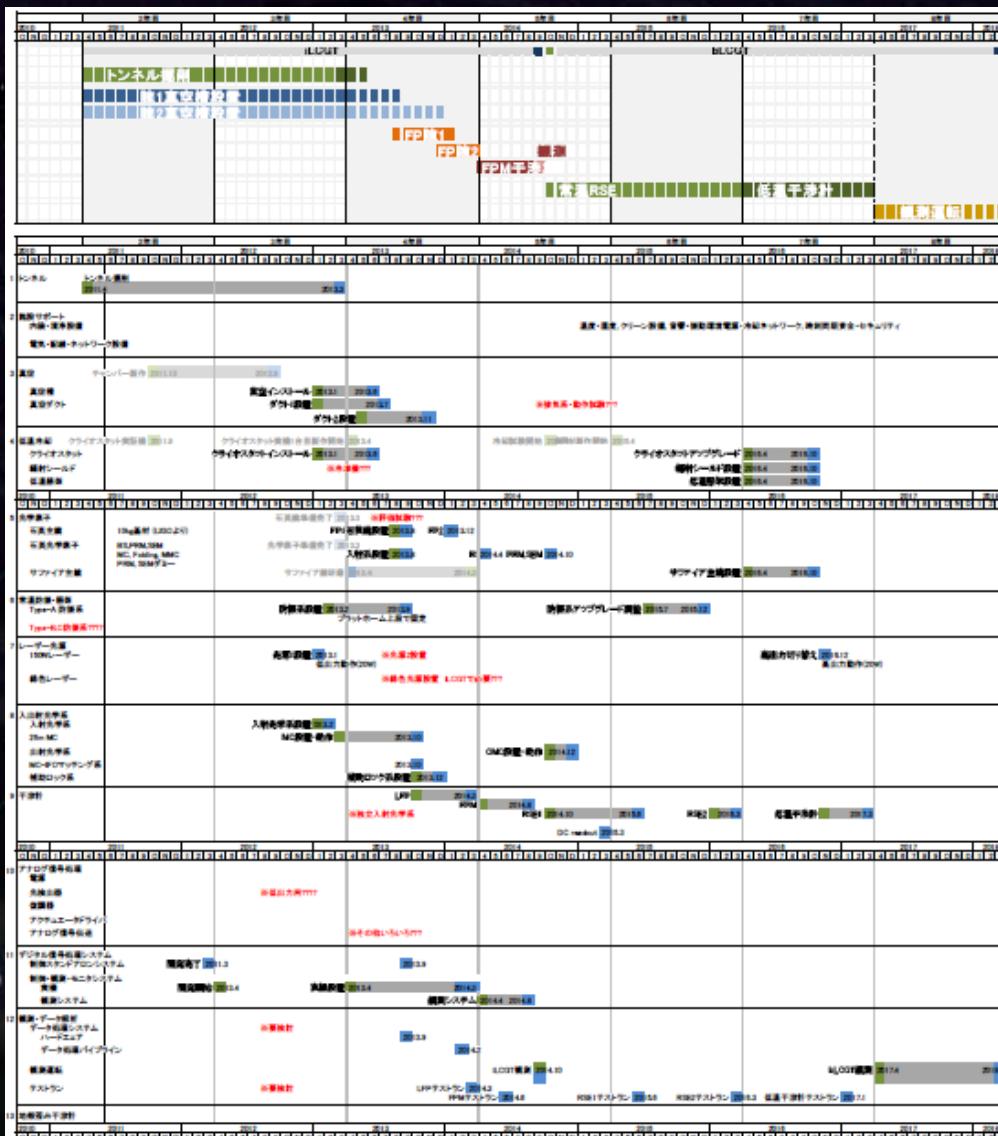
Subsystem Name	Leader	Task
• Data Analysis	N.Kanda	data gathering, analysis, archiving and distribution
• Tunnel	T.Uchiyama	development of tunnel
• Facility	D.Tatsumi	installation and operation of internet, power line, water drainage and the facilities for clean environment; being a liaison to the local community; controlling safety and environment
• Vacuum	Y. Saito	development of vacuum system; drawing the detailed layout of components and optical instruments
• Vibration Isolation	R. Takahashi	development of vibration isolation system
• Cryogenics	T. Suzuki	development of cryogenics system.
• Mirror	N.Mio	development of mirror system
• Detector Configuration	K.Somiya	fundamental noise analysis; requirement allocation
• Main Interferometer	Y.Aso	development of interferometer sensing and control scheme; design of optical configuration of main interferometer
• Digital System	O.Miyakawa	development of digital system to be introduced to all subsystems for controls, monitors, switches and diagnoses
• Analog Electronics	S.Moriwaki	development of analog electronic circuits for the subsystems
• Input/Output Optics	S.Telada	development of input/output optical system
• Laser	N.Mio	development of laser system
• Geophysics Interferometer	A.Araya	development of geophysics interferometer

Subsystem schedule

Master schedule

Subsystem rough (on-site) schedules

Draft for discussion



Subsystem schedule

External review for subsystems (Feb. 28th – March 4th)

Review document of
each subsystem

Subsystem schedule
will be reviewed



Also will be included in
the roadmap document
(after some iterations)

'GUIDELINES FOR THE EXTERNAL
REVIEW ON THE LCGT PROJECT'
By I.Nakatani, et al. (Jan. 28, 2011)

- 1. Design for bLCGT
 - 1-1. Definition of Subsystem
 - 1-2. Requirements
 - 1-3. Interface
 - 1-4. Preliminary Design
 - 1-5. Schedule
 - 1-6. Prototype Test Plan
 - 1-7. First Article Test Plan
 - 1-8. Installation/Adjustment Procedure
 - 1-9. Risk Management
- 2. Design for iLCGT
 - 2-1. Definition of Subsystem
 -

Risk Management

Assessment of risk factors by each subsystem

- Potential risk factors
- Probability
- Seriousness
- Backup plans



Summarize serious risk factors

-
- Share the risk factors (or importance) by all collaborators.
 - Can be a basic information for distribution of resources

'GUIDELINES FOR THE EXTERNAL REVIEW ON THE LCGT PROJECT'

By I.Nakatani, et al. (Jan. 28, 2011)

- 1. Design for bLCGT
 - 1-1. Definition of Subsystem
 - 1-2. Requirements
 - 1-3. Interface
 - 1-4. Preliminary Design
 - 1-5. Schedule
 - 1-6. Prototype Test Plan
 - 1-7. First Article Test Plan
 - 1-8. Installation/Adjustment Procedure
 - 1-9. Risk Management
 - 2. Design for iLCGT
 - 2-1. Definition of Subsystem
 -

Summary and plans

- Finishing the recommendation document.
 - * Basic concepts
 - * Plan and schedule
 - * Risk factors
- Discussing on ...
 - * Criteria for LCGT itself, 2 major stages, and 6 phases.
 - * Subsystem plans.

1. Executive summary

Basic concepts and constraints

Master schedule

Subsystem development plans

Important risk factors

2 Master schedule

Phase 0 : Excavation and Facility

Phase 1 : Operation of FPM IFO

Phase 2 : RSE operation

Phase 3 : Upgrade of VIS

Phase 4 : Cryogenic IFO

Phase 5 : Observation and tuning

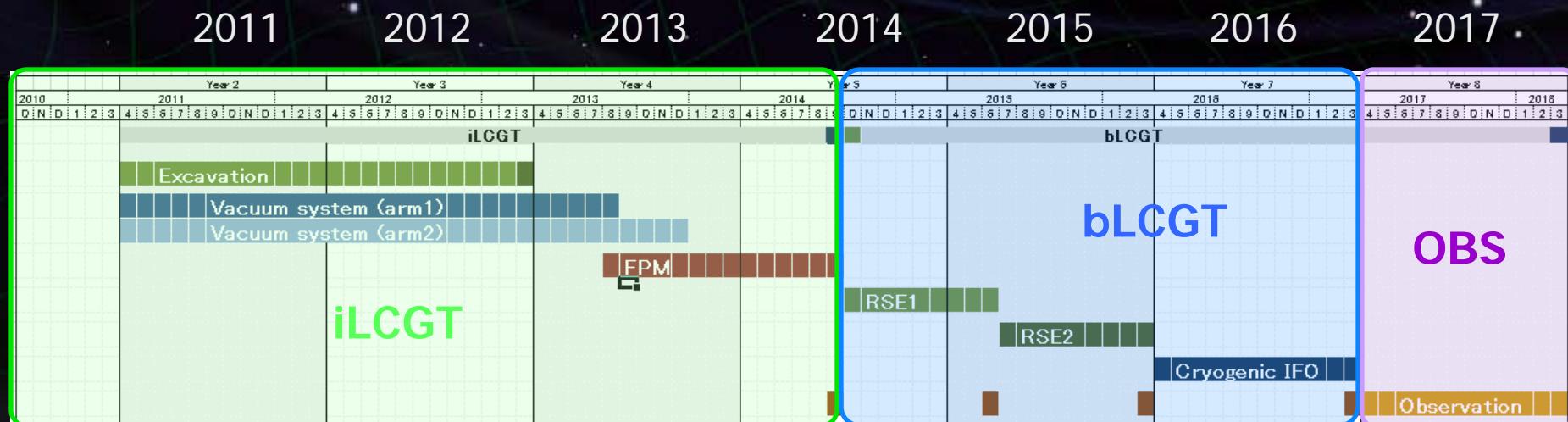
3 Subsystem plan

Tunnel

....

Subsystem schedule

- Flow-down the master schedule to subsystem
 - * Master schedule defines the 'deadline' for preparation.
 - * Schedule constraints and with poor working efficiency at site require intensive preparation and test before installation.
 - ⇒ Detailed development plan for each subsystem.



Discussions on criteria

Opinions and information

- It is often the case that the expected performance is not achieved on schedule in big scientific projects, such as high-energy accelerators. Several years' delay to fulfill the designed performance would be acceptable.
- In space missions, the success criteria is clearly defined, and the project achievement is strictly judged.
- The success criteria of LCGT do not have to be 'detection of GW'. To achieve designed sensitivity (or IR) and stability would be suitable.
- To set a criteria 'to achieve the sensitivity' at the CRSE phase would be too stringent.

Current status

7 Meetings

1 st	Oct. 25, 2010	5 th	Dec. 20, 2010
2 nd	Nov. 1, 2010	6 th	Jan. 11, 2011
3 rd	Nov. 15, 2010	7 th	Jan. 25, 2011
4 th	Nov. 29, 2010		

- Being held just after the 'LCGT chief meeting'
- Meetings are open for all collaborators
- Brainstorm-type meeting with free discussions on...
definition of this group, issues to be considered,
subsystem details, contents of the summarize report, ...

Current status

- Discussions on basic policies
- Consensus on the master schedule
- Subsystem plans being discussed (internal review)

Recommendation document

Contents of the
'Study report on
LCGT roadmap'
document in preparation

1. Executive summary

Basic concepts and constraints

Master schedule

Subsystem development plans

Important risk factors

2 Master schedule

Phase 0 : Excavation and Facility

Phase 1 : Operation of FPM IFO

Phase 2 : RSE operation

Phase 3 : Upgrade of VIS

Phase 4 : Cryogenic IFO

Phase 5 : Observation and tuning

3 Subsystem plan

Tunnel

....

Summary of the master schedule

	Phase	Period	Name	Scope	Criteria	IFO	Susp.	Mirror	Temp.
ILCGT	0	2011.4	EAF	Facility preparation. Excavation of observatory site and equipment of the facility infrastructure	To be ready for the installation of detector components: air-conditioning, power supply, dust control, and safety.				300K
		2013.7							
bLCGT	1	2013.8	FPM	Operation of a large interferometer with a simple configuration.	Stable operation of a Michelson interferometer with 3-km arm cavities. *** hours of continuous operation with a sensitivity of ***.	FPM	Simple	Silica 10kg	300K
		2014.9							
bLCGT	2	2014.1	RSE1	Operation of the interferometer with final optical configuration.	Stable operation of an RSE interferometer.	RSE	Simple	Silica 10kg	300K
		2015.6							
bLCGT	3	2015.7	RSE2	Operation of the interferometer with full configuration at room temperature.	Stable operation of an RSE interferometer with upgraded vibration-isolation system.	RSE	SAS	Silica 10kg	300K
		2016.3							
bLCGT	4	2016.4	CRSE	Full operation and tuning of the LCGT detector.	Achieve the designed sensitivity and stability at cryogenic temperature.	RSE	SAS	Sapphire 30kg	20K
		2017.3							
bLCGT	5	2017.4	OBS	Continuous observation run for one year.	Collect *** hours of observation data with designed sensitivity.	RSE	SAS	Sapphire 30kg	20K
		2018.3							